



Nordens interesser i principper for internationale drivhusgasaftaler

Halsnæs, Kirsten; Meyer, H.J.; Stephensen, P.; Sørensen, L.

Publication date:
1995

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Halsnæs, K., Meyer, H. J., Stephensen, P., & Sørensen, L. (1995). *Nordens interesser i principper for internationale drivhusgasaftaler*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 794(DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

JK 0950 1282

Nordens interesser i principper for internationale drivhusgasaftaler

Risø-R-794(DA)

Kirsten Halsnæs, Henrik Meyer, Peter Stephensen, Lene Sørensen

**Forskningscenter Risø, Roskilde
Januar 1995**

MASTER

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED

RB

Resumé

Rapporten diskuterer spørgsmålet om de nordiske landes interesser ud fra en økonomisk hovedsynsvinkel. Indledningsvis gennemgås klimakonventionen med speciel fokus på forpligtigelser til emissionsreduktioner. Centrale begreber er her, hvornår reduktioner skal finde sted, og om reduktioner kan opnås i samarbejde med andre lande gennem såkaldte joint-implementation projekter. De nordiske landes forskelligartede holdninger om disse spørgsmål refereres her.

Efterfølgende gennemgås de enkelte landes tekniske og økonomiske muligheder for at opfylde forskellige reduktionsmålsætninger på forskellige tidspunkter. Der er her taget udgangspunkt i officielle planer og studier omfattende såvel bottom-up studier som top-down studier. Der dannes i den forbindelse en række konklusioner om sammenligneligheden af de nordiske studier.

Afslutningsvis sammenlignes omkostningerne ved emissionsreduktioner mellem de nordiske lande og i forhold til mere generelle omkostningsestimater for OECD-landene. Analysen peger på, at Norden generelt set har høje omkostninger, og at omkostningerne ved reduktion er lavere for reduktioner efter år 2000/2005 end på kortere sigt. Danmark er her en undtagelse. Dette peger igen på, at der for nogle af de nordiske lande kan være en stor interesse i, at der ikke på nuværende tidspunkt indføres meget stramme kortsigtede reduktionsmål, men at det f.eks. muliggøres at emissionsreduktioner kan opnås ved joint-implementation projekter i andre lande.

Projektet er blevet finansieret af det Nordiske Energipolitiske Samarbejde.

ISBN 87-550-2048-8
ISSN 0106-2840

Grafisk Service, Risø, 1995

Indholdsfortegnelse

Forord	5
1 Introduktion	7
2 Forpligtelser i relation til klimakonventionen	10
2.1 Klimakonventionen	10
2.2 Joint implementation	13
2.2.1 Danske synspunkter	14
2.2.2 Finske synspunkter	16
2.2.3 Norske synspunkter	17
2.2.4 Svenske synspunkter	18
2.3 Handlingsplaner	20
2.3.1 Danske målsætninger	22
2.3.2 Finske målsætninger	24
2.3.3 Islandske målsætninger	24
2.3.4 Norske målsætninger	24
2.3.5 Svenske målsætninger	25
3 Energi og emissioner i de nordiske lande	26
3.1 Energi i Norden	26
3.1.1 Energiforsyningen	26
3.1.2 Endelig efterspørgsel efter energi	31
3.2 Drivhusgasemissioner	34
3.2.1 Carbondioxid	35
3.2.2 Andre drivhusgasser	38
4 Fremskrivninger i de nordiske lande	41
4.1 Danske fremskrivninger	42
4.1.1 Et bottom-up studie	42
4.1.2 Et top-down studie	47
4.2 Finske fremskrivninger	49
4.2.1 Teknisk orienteret analyse I	49
4.2.2 Teknisk orienteret analyse II	51
4.2.3 Makro-økonomisk analyse	53
4.3 Norske forventninger	54
4.3.1 Mellemlange fremskrivninger for Norge	56
4.3.2 Langsigtede fremskrivninger	61
4.4 Svenske fremskrivninger	66
4.4.1 Langsigtet analyse af den svenske økonomi	66
5 Sammenligning af landenes planer og muligheder	75
5.1 Sammenligning af de nordiske lande	75
5.2 Omkostninger	80
6 Principper for omsættelige kvoter for drivhusgas-emission set i forhold til de nordiske landes interesser	89
7 Konklusion	101
Referencer	104

Forord

Reduktion af drivhusgasser har været et af de store globale forhandlings-emner internationalt i en række år. Etablering og underskrivning af Klimakonventionen i 1992 har sat en øget fokus på, hvorledes der kan udformes internationale aftaler for reduktion af drivhusgasser, og under hvilke kriterier det kan ske.

Hovedformålet med projektet "Nordens Interesser i Principper for Internationale Drivhusgasaftaler" har været at belyse sammenhængen mellem de nordiske landes energisystemer og økonomiske udvikling og de muligheder for strategier for reduktion af carbondioxid-emissioner, som der med Klimakonventionen af 1992 er blevet mulige og nødvendige.

Udgangspunktet har været Klimakonventionen og de forpligtelser, som de nordiske lande herved pålægges. I forhold til klimakonventionen er rapportering og fremskrivninger af fremtidens carbondioxid-emissioner, samt omkostninger ved en reduktion centrale. Dette gælder både for Konventionens målsætning som sådan, men også for de handlingsplaner, som de enkelte lande skal implementere for at opfylde en stabiliseringsmålsætning for drivhusgasemissioner.

En del af arbejdet har således været at indsamle og analysere relevante drivhusgasomkostningsstudier udført i de nordiske lande. Dette indebærer, at der specielt har været fokuseret på forudsætninger, som de forskellige studier har anvendt for at opnå resultater. Her ud fra er der diskuteret forskellige principper for klimaaftaler. Idet projektet er blevet udført over en længere tidsperiode er visse af oplysningerne for de enkelte nordiske lande ikke fuldstændigt ajourført i rapporten.

Projektet er blevet finansieret af midler fra det Nordiske Energipolitiske Samarbejde men ikke behandlet af Nordisk Ministerråd. Ansvar for rapporten påviler Afdelingen for Systemanalyse på Forskningscenter Risø, som har udarbejdet rapporten. Deltagere i projektet har været Peter Stephensen (projektleder), Kirsten Halsnæs, Henrik Meyer og Lene Sørensen.

Januar 1995

Peter Stephensen Kirsten Halsnæs Henrik Meyer Lene Sørensen

1 Introduktion

Norden har i klimapolitiske sammenhænge været yderst aktive til at foreslå nationale reduktionsmålsætninger og strategier til opnåelse heraf. Landene i Norden har været de første i Europa til frivilligt at implementere energi- og drivhusgasemissionsafgifter som en direkte konsekvens af diskussionerne om Klimakonventionen og ifølge af dens underskrivelse.

FN's Framework Convention on Climate Change (kort omtalt som Klimakonventionen) giver en række aftalemæssige- og tidsmæssige rammer for, hvilken indsats de underskrivende lande (her iblandt de nordiske lande) skal udføre for at reducere udslippet af drivhusgasser. Nogle af disse hovedpunkter er:

- en rapporteringsforpligtelse, hvor industrialiserede lande, deriblandt de nordiske lande, inden udgangen af 1993 (og kontinuerligt herefter) skulle (skal) indberette nuværende drivhusgasudslip samt det fremtidige forventede niveau og nationale reduktionsmuligheder.
- en stabiliseringsmålsætning for udslip af drivhusgasser der bestræbes inden år 2000.

Der er i Konventionen ingen præcise formuleringer med hensyn til hvilke retningslinier, målsætningen kan opnås under. Et krav er dog, at strategier skal være omkostningseffektive på en eller anden måde. Dette indebærer, at der internationalt tænkes meget i, hvorledes dette kan opnås; ved at et land alene fastsætter og opfylder en bestemt national målsætning, eller ved at der træffes samlede emissionsreduktionsaftaler mellem en gruppe af lande. Begrebet joint implementation er her et nøglebegreb.

Joint implementation er i Klimakonventionen nævnt som en måde at opnå reduktioner af drivhusgasemissioner ved samarbejde mellem et eller flere lande. Den samlede reduktion, som opnås, kan tilskrives de deltagende lande, og de økonomiske udgifter forbundet hermed deles på en hensigtsmæssig måde. Joint implementation er ikke vel defineret i Konventionen. Det vil sige, at det ikke på nuværende tidspunkt vides med sikkerhed, om det er et begreb der kan være med til at opfylde Konventionens overordnede målsætning om stabilisering af drivhus-gasserne inden år 2000.

Drivhusproblemet er et globalt problem, hvor det enkelte lands reduktion af drivhusgasser er marginalt i forhold til de samlede skader af en drivhuseffekt. Det betyder, at et enkelt land alene ikke har nogen direkte økonomisk fordel i at forcere en reduktionsindsats. Tværtimod kan et land ved f.eks. at indføre isolerede CO₂-afgifter miste industriel konkurrence-evne. Dette betyder, at en international koordineret indsats for reducerede udslip ofte vil være billigere end en isoleret national indsats.

Hermed er der altså tale om en afvejning af politiske fordele ved at fremme en forpligtende klimaaftale ved at gå foran i nationale reduktioner modsat mulige økonomiske tab ved at foretage en isoleret indsats.

Ikke kun omfanget af indsatsen betyder noget for, hvilke principper et givet land kunne tænkes at vedtage, men også det tidspunkt, hvor landet fastsætter nationale målsætninger. Vedtagelse af nationale reduktionsmålsætninger på et tidligt tidspunkt kan give omverdenen et indtryk af, at den forventede udvikling i niveauet af drivhusgasemissioner (uden nogen form for reduktions regulering - omtales som "referenceudviklingen") i landets udslip er præget af en beskeden vækstrate. Hvis der herefter på et senere tidspunkt vedtages unilaterale procentvise reduktionsmålsætninger i forhold til et referenceniveau i et fremtidigt år vil det være sværere for et land, som tidligt har været i gang med at reducere at nå målsætningen end for et land, som starter reduktionen fra et højt udgangsniveau. Det må bemærkes, at sådanne ensartede, unilaterale procentvise reduktionsmålsætninger (flat rate-aftaler) for alle lande ofte har været udkommet af internationale miljøaftaler på trods af, at det måske globalt set kunne være mere omkostningseffektivt at gennemføre størst reduktioner i lande med lave reduktions-omkostninger.

Konklusionen på ovenstående må være at tilsyneladende "små" forskelle i forventede vækstrater for referenceudviklingen i drivhusgasudslip kan resultere i væsentlige forskellige byrder knyttet til at overholde en international forpligtende reduktionsaftale, der bygger på ens procentvise reduktionskrav. Dette betyder alt andet lige, at et land må have en interesse i at have en relativt høj referencefremskrivning af sine udslip.

En anden vigtig tidsmæssig faktor af betydning for et lands holdning til omfang og tidspunkt for udslipsreduktioner er, hvornår det nuværende energisystem (eller andre vigtige udslipskilder) alligevel står overfor væsentlige nyinvesteringer. Dette gælder specielt i forbindelse med større kollektive energiforsyningsinstallationer som kraftværker, fjernvarmesystemer eller naturgasnet. De nordiske lande har her en række optimale udskiftningstidspunkter, der er mere eller mindre restriktive.

En tilsvarende udslipsreducerende indsats gennem reduceret energibehov på slutanvendelsesniveau for husholdninger, industri, transportsektoren osv. vil ofte bestå af mindre enkeltstående investeringer, hvor produktionsudstyr og energiforbrugende apparater mere løbende kan skiftes ud. Disse investeringer er derfor ikke som større kollektive forsyningsinvesteringer bundet til at være koncentreret om forskellige tidspunkter. Den udslipsreducerende virkning af en energibesparende indsats vil derfor afhænge af, hvilken forsyningsteknologi den kommer til at substituere.

Denne rapport forsøger at belyse nogle af disse ovenstående problemstillinger. Det er her forsøgt at belyse, hvorledes forskellige strategier til opnåelse af en stabilisering af drivhusgasemissioner kan understøttes rent energisystemmæssigt og økonomisk.

Fremgangsmåden har været at indsamle og sammenligne nationale studier og analyser foretaget af nordiske institutioner. Dette har dels været grundlag for en vurdering af forskelligheden af de forskellige studier og dermed deres basis for formulering af drivhusgasemissionsstrategier og dels været basis for sammenligning af de forudsætninger, der er lagt bag centrale fremskrivninger. Studiet har fokuseret på de økonomiske forudsætninger mere end noget andet. Det diskuteres til sidst hvilke strategier, de forskellige lande ville opnå mest reduktion ved vurderet ud fra omkostnings- og energimæssige opnaelser.

Projektet har taget udgangspunkt i Klimakonventionens ideer og målsætninger. Derfor beskriver kapitel 2 nogle af de centrale punkter i Konventionen, som dels pålægger landene, der har underskrevet og ratificeret Konventionen at formulere deciderede handlingsplaner til opnaelse af målsætningerne. Joint implementation-begrebet beskrives nærmere, og de nordiske landes synspunkter, som de er på nuværende tidspunkt, præsenteres. Sluttelig beskriver kapitel 2 oversigtsmæssigt de tiltag, der allerede er indført i de nordiske lande i form af energi- og/eller carbondioxid-afgifter eller mere præcist formulerede handlingsplaner.

Kapitel 3 beskriver de nordiske landes energisystemer, idet energisystemændringer anses for at være en nærmest uundgåelig del af handlingsplaner til opnaelse af Konventionens målsætninger. Kapitlet indeholder ligeledes opgørelser over Nordens emissioner af carbondioxid, metan og lattergas, der betragtes som værende de vigtigste og største drivhusgasser.

I kapitel 4 beskrives en række centrale nordiske studier af mulighederne for at reducere de nationale carbondioxid-emissioner. Her er specielt lagt vægt på at belyse forskellige fremskrivninger og deres energimæssige og økonomiske forudsætninger.

En egentlig sammenligning af de nordiske landes fremskrivninger og reduktionsvurderinger sker i kapitel 5. Kapitlet består dels i en sammenligning af analysernes emissionsmæssige resultater, dels i en sammenligning af omkostningerne forbundet med emissionsreduktionerne.

I kapitel 6 er der foretaget en undersøgelse af hvilken betydning og interesse de nordiske lande kan have i forskellige former for aftaler omkring drivhusgas-kvoteordninger. Nogle mulige kriterier for tildeling af drivhusgas-kvoter er illustreret ud fra de faktiske forhold i dag.

Rapportens kapitel 7 er konklusionen.

2 Forpligtelser i relation til klimakonventionen

Klimakonventionen kan ses som et resultat af mange års nationalt og internationalt arbejde med vurdering af årsags- og effektsammenhænge af klimaændringer. Gennem FN's klimapanel, International Panel of Climate Change (IPCC), er der etableret en vis global forståelse og accept omkring risikoen for klimaændringer, hvis den nuværende tendens til stigende CO₂ koncentrationen i atmosfæren fortsætter.

Internationalt set (indenfor FN's medlemslande) blev man på Toronto World Conference, 1988, enige om, at man politisk måtte opfordre (dette som en henstilling og ikke en egentlig forpligtigelse) til en 20% reduktion inden år 2005 af carbondioxid-udledninger stammende fra fossil brændsel. Carbondioxid blev anset for at være den drivhusgas, som har den største indflydelse på klimaændringer på grund af den store mængde, der udledes hvert år.

Senere, i 1990, blev arbejdet med udformningen af Klimakonventionen overladt til The International Negotiating Committee, INC, under FN, som skulle stå for forhandlingerne om etableringen af konventioner samt for formulering af selve Konventionen. IPCC skulle fortsat sørge for de mere klimavidenskabelige og økonomiske vurderinger.

Klimakonventionen blev rammemæssigt færdig formuleret i 1992 og behandlet på FN's topmøde i Rio, juni 1992.

2.1 Klimakonventionen

Klimakonventionen blev etableret og underskrevet af 154 lande ved FN's topmøde i Rio. Hovedformålet med Konventionen og de tilknyttede regelsinstrumenter, er at stabilisere drivhusgaskoncentrationen i atmosfæren på et niveau, hvor skadelig antropogen interferens med klimasystemet forhindres. Stabiliseringen skal etableres indenfor en tidsramme, der i tilstrækkelig grad tillader økosystemet at tilpasse sig naturligt til klimaændringer for at sikre, at fødevareproduktion ikke trues og for at muliggøre en fortsat bæredygtig økonomisk udvikling.

Klimakonventionen artikel 3 fastlægger en række hovedprincipper for klimakonventionen omfattende følgende hovedelementer:

- parterne skal medvirke til beskyttelse af klimaet under hensyntagen til deres forskellige ansvar- og muligheder for at bidrage til klimabeskyttelse. Dette indebærer, at de højtudviklede lande skal have den ledende rolle.

- der skal tages særligt hensyn til udviklingslande, som enten er særligt sårbare overfor klimaændringer, eller som vil blive særligt hårdt ramt af emissionsreduktioner som følge af klimakonventionen.
- en "precautionary approach" er fastlagt, hvilket indebærer at der skal sættes ind overfor alle kilder og risici på et tidligt tidspunkt. Usikkerhed og ufuldstændige videnskabelige beviser skal ikke føre til udskydelse af handlinger. Konventionens parter kan samarbejde om at reducere klimatiske skadevirkninger.
- aktiviteter der medvirker til begrænsning af klimatiske skadevirkninger skal være integreret i nationale udviklingsprogrammer, således at der ikke bliver en modsætning mellem økonomisk udvikling og klimakonventionen.
- parterne skal som led i implementeringen af klimakonventionen samarbejde om at etablere et åbent internationalt økonomisk system, som understøtter sociale og økonomiske udviklingsprocesser i udviklingslandene.

Landene, som ratificerer Konventionen (omtales i det følgende som medlemsparter), binder sig til en lang række af rapporteringer og til formulering og implementering af emissionsreducerende strategier m.m. for at opnå det overordnede mål. Heraf skal nævnes følgende (Konventionens artikel 4 stk. 1):

- Udvikling, periodisk opdatering, samt publicering af nationale opgørelser af drivhusgasemissions kilder.
- Formulering, implementering, publicering og regulært opdatering af nationale, og hvor hensigtsmæssigt regionale programmer, indeholdende målsætningsværdier til at forhindre klimaændringer.
- Fremme, samarbejde og udveksle teknologi, teknikker og metoder til opnåelse af målsætningen.
- Udveksling af resultater og information relateret til implementering af målsætningen.

Konventionens udviklings- og rapporteringskrav gælder dels overfor drivhusgasemissioner og dels overfor de økonomiske aspekter, som rejses ved udvikling af strategier og implementering af kravene.

Derudover er der specifikke krav til de lande, der er klassificeret som Annex I-lande. Annex I-lande omfatter OECD-landene, EU, de central- og østeuropæiske lande, de baltiske stater, Ukraine, Hviderusland og Rusland. Annex I-lande, som ratificerer Konventionen, skal alle hver især (Konventionens artikel 4 stk. 2):

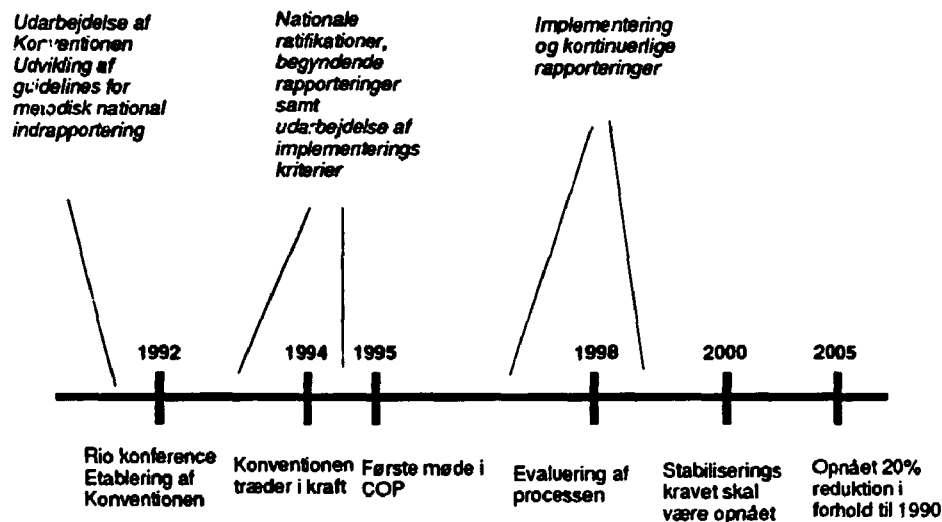
- udvikle nationale strategier til begrænsning af drivhusgasser (*"each of the Parties shall adopt national policies and take corresponding measures on the mitigation of climate change by limiting its anthropogenic emissions of greenhouse gases and protecting and enhancing its greenhouse gas sinks and reservoirs"*).
- Hver af landene skal indrapportere detaljeret information om strategier, således at man kan opnå et mål for emissionsniveauet for carbondioxid og andre drivhusgasser, således at det tilbageføres til 1990 niveauet. Dette mål kan opnås individuelt eller sammen med andre lande (artikel 4 stk. 2b: *"with the aim of returning individually or jointly to their 1990 levels these anthropogenic emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol"*).
- Indrapporteringen skal begynde 6 måneder efter, Konventionen er trådt i kraft, og den skal ske efter bestemte retningslinier for, hvorledes for eksempel emissioner kan beregnes og opgøres (artikel 4 stk. 2c,d: *"the Conference of Parties shall consider and agree on methodologies for these calculations at its first session and review them thereafter"*... *"the Conference of Parties at its first session shall also take decisions regarding criteria for Joint Implementation"*).
- Ovenstående skal bestemmes mere præcist, når Konventionens Conference of Parties, COP (øverste organ under Konventionen, når den er trådt i kraft) mødes første gang.

Derudover omhandler Konventionen en række punkter, hvor forskellige programmer til overvågning og uddannelse etableres, samt nogle bemyndigelser og forpligtigelser til organerne under Konventionen, og ligeledes noget om de finansielle mekanismer, der skal understøtte programmerne.

Den 21. december 1993 havde 53 lande ratificeret Konventionen, hvoraf 17 lande er medlemmer af OECD. De nordiske lande har alle ratificeret Konventionen. Konventionen træder formelt i kraft 90 dage efter, at 50 lande har ratificeret, hvilket i praksis vil sige d. 21 marts 1994. Andre lande kan ratificere Konventionen i perioden op til den første Conference of Parties, der formodentlig afholdes i Berlin i marts/april 1995. Ifølge Konventionen skal COP I (første samling i COP) holdes senest et år efter, Konventionen er trådt i kraft.

Figur 2.1 viser mærke datoer og vigtige aktiviteter i processen med implementering af Konventionens målsætninger og forpligtigelser.

Der forestår en del arbejde med at definere og etablere guidelines for rapporteringer, strategier og de kriterier, de kan baseres på, og hvorledes målsætningerne kan opnås på uni-, bi- og multilateral basis. Sidstnævnte omtales i det følgende som joint implementation, hvor kriterierne for indgåelse af sådanne projekter skal bestemmes og formuleres inden første "Conference of Parties".



Figur 2.1 Vigtige datoer og aktiviteter for gennemførelse af Klimakonventionens punkter. COP står for Conference of Parties.

2.2 Joint implementation

Formulering af reduktionsmålsætninger og nationale/regionale strategier til opfyldelse af Konventionens overordnede målsætning er af stor interesse. Internationalt diskuteres det livligt, inden for hvilke rammer disse ting kan foregå, således at der ikke er nogen lande/regioner, som belastes urimeligt meget i forhold til deres økonomiske formåen. Begrebet joint implementation er blevet centralt i disse diskussioner, idet det er basis for fordelingen af tiltag mellem forskellige lande og inden for enkelte lande.

I en af Konventionens paragraffer (artikel 4, paragraf 2) står skrevet den passage, som ligger til grundlag for udtrykket "joint implementation". Som allerede omtalt står der, at udviklingslande og andre lande, inkluderet som Annex I-lande, skal implementere strategier til begrænsning af deres antropogene emissioner af drivhusgasser i samarbejde med andre lande og skal assistere andre lande i at gennemføre hensigterne i klimakonventionen.

Joint implementation er her et centralt begreb, i den mere specifikke fastlæggelse af retningslinier for, hvorledes emissionsreduktioner kan opnås, og for hvorledes disse skal finansieres.

Joint implementation begrebet hænger bl.a. sammen med et mere generelt økonomisk begreb bag klimakonventionen, om at global omkostningsminimering opnås, hvis emissionsreduktioner fordeles mellem landene efter omkostningseffektivitet. Dette indebærer, at lande med lave marginal-

omkostninger for emissionsreduktion skal gå videre end lande med høje omkostninger, og heraf følger at der nødvendigvis må foregå en vis international overførsel af midler til at opnå disse reducerede emissioner. Denne "omfordeling" kan f.eks. foregå via "joint implementation", hvor et land - populært sagt - køber sig til en billig emissionsreduktion i et andet land sammenlignet med, hvad det ville have kostet at reducere nationalt.

Der findes i princippet tre muligheder for at foretage den slags for investeringer (se for eksempel OECD, 1993).

For *det første* kan alle landene samle deres økonomiske ressourcer i en investeringsfond, hvorfra der så uddeles ressourcer efter omkostningseffektive principper.

For *det andet* kan der foretages specielle investerings-arrangementer direkte mellem landene på bi- eller multilateral basis.

For *det tredje* kan investeringer foretages af den private sektor baseret på emissionsbegrænsninger formuleret af nationale regeringer.

Samarbejdet kan foregå på forskellig vis. Det kan foregå mellem regeringer i forskellige lande, det kan foregå mellem firmaer eller sektorer i forskellige lande, eller det kan foregå mellem regeringer og firmaer eller sektorer i forskellige lande (Merkus, 1992).

For at forhindre at der spekuleres i strategier, så nogle lande vil blive udnyttet eller på anden vis negativt påvirket af disse, er det nødvendigt at formulere en række faste kriterier af, hvorledes projekterne kan udføres i praksis.

To centrale spørgsmål som diskuteres internationalt, er: a) om joint implementation skal tillades at foregå mellem u- og i-lande eller kun mellem i-lande, b) om et land må kunne anvende joint implementation til at stabilisere dets emissioner på 1990-niveau, eller først efter at dette mål er nået.

I de nordiske lande har Danmark, Finland, Norge og Sverige hver især formuleret deres synspunkter på, hvad der bør tages hensyn til ved formulering af disse kriterier. Idet joint implementation ses som et nøglebegreb til, hvorledes de enkelte lande opfatter deres forpligtelser, og hvorledes disse kan opnås, skal de nordiske landes synspunkter præsenteres her. De refererede synspunkter er landenes foreløbige statements til INC.

2.2.1 Danske synspunkter

Den danske holdning er tilkendegivet i et baggrundsoplæg til INC, august 93.

Den officielle danske holdning er, at når der i Konventionen står, at alle forpligtelser skal opfyldes af alle lande, der ratificerer Konventionen, betyder dette, at alle lande *individuel*t skal opfylde kravene om rappor-

tering osv., uanset om de vælger at implementere sammen eller alene. Dette står i kontrast til synspunkter, der er udtrykt af andre lande, hvor man mener (se for eksempel OECD, 1993), at emissions målsætninger, der ligger i Konventionen, kan opnås ved at anvende joint implementation projekter. Det vil i praksis sige, at målsætningen gælder joint implementation-projekterne og ikke nødvendigvis for de enkelte lande.

Industrialiserede lande skal ifølge den danske holdning vise deres velvilje til at tage initiativer ved bl.a. at opfylde forpligtigelser i deres eget land.

I FCCC ligger der, at Annex I-lande kan implementere strategier og målsætninger med andre lande under Konventionen for at opnå Konventionens målsætning. Under visse omstændigheder kan lande implementere deres forpligtigelser sammen. Joint implementation kan foregå mellem lande, som har underskrevet Montreal Protokollen.

Danmark foreslår følgende principper/kriterier for udførelse af joint implementation-programmer:

- Joint implementation skal ikke kunne anvendes til at opfylde stabiliseringskravet inden år 2000 men kun til at opnå reduktioner efter år 2000. (EU enighed)
- Joint implementation skal kun anvendes for lande, der har underskrevet artikel 4.2a og b (dvs. opfylder nationale krav om rapporter osv. og har ratificeret Konventionen). (EU enighed)
- Donorlande (finansielt) skal samtidigt med joint implementation projektet implementere nationale reduktionsmålsætninger. (EU enighed)
- Der skal ikke kun ske en implementering i Annex I-lande. Også udviklingslande skal implementere men på specielle vilkår, der skal nærmere bestemmes. (DK synspunkt)
- Det skal sikres, at industrilande ikke anvender deres nuværende udviklingsbistand til at købe en emissionskreditering. (DK synspunkt)
- Ambitionsniveauet i FCCC skal sættes ved at formulere kriterier for, hvor mange ressourcer et land kan anvende til joint implementation sammenlignet med ressourcerne, der allokeres ved Konventionen og udviklingsbistand.
- Joint implementation skal testes i en begrænset tidsperiode og for et begrænset sæt af donor/recipientlande. Evaluering skal derefter foretages før endelig fastsættelse af kriterier. Evalueringen skal bedømme omkostningseffektiviteten af joint implementation vurderet ud fra infrastrukturelle, samfundsøkonomiske aspekter samt effekten på den teknologiske udvikling. (DK synspunkt)

- Idet et reference scenario optræder i rapporteringen, er det af stor vigtighed, at samfunds-økonomiske kriterier for udvikling af en sådan defineres præcist. (DK synspunkt)

2.2.2 Finske synspunkter

Den finske holdning er at begrebet joint implementation skal forstås således, at de målsætninger som er beskrevet i Konventionen gældende for Annex I-lande, skal kunne opnås enten sammen med andre Annex I-lande eller med udviklings-lande.

For at få opstartet joint aktiviteter og få mere erfaring med hensyn til, hvorledes disse skal udføres, er det Finlands synspunkt, at joint implementation allerede kan være en del af de allerede etablerede strategier og målsætninger, som sigter mod at stabilisere drivhusgas-emissioner til 1990-niveauer. Det er her mest hensigtsmæssigt at starte joint implementation-projekter mellem Annex I-lande og så på et senere niveau udvikle lignende forhold mellem Annex I- og udviklingslande. Sådanne kriterier skal udvikles i takt med, at Konventionen udvides.

De første joint implementation-projekter skal bygge på det grundlag, som deltagende lande selv kan blive enige om, under hensyntagen til hvorledes emissioner, reservoirer og økonomi skal allokeres. Disse lande skal så rapportere via deres nationale organisationer til Konventionen om deres joint implementation-aktiviteter og effekterne heraf på emissioner og reservoirer. Det skal da være op til Conference of Parties at vurdere disse aktiviteter og deres effekter ved at anvende samme metoder, som er basis for vurdering af generelle nationale målsætninger og strategier. Joint implementation-projekter skal være baseret på en række kriterier:

- Joint implementation skal være frivillig.
- Joint implementation-aktiviteter skal kun være en komplementær del af de nationale strategier til opfyldelse af kravene.
- Emissionseffekterne (både ved kilder og fjernelse af reservoirer) af joint implementation-aktiviteter skal evalueres ud fra samme metoder, som nationale aktiviteter vurderes. Metoderne skal være internationalt gennemsigtige.
- Evalueringen af effekterne skal dække over den fulde levetid af projektet og de fælles aktiviteter.
- For at forhindre dobbelt rapportering skal rapporteringen om joint implementation-aktiviteter rapporteres til Konventionen af de deltagende lande på en konsistent måde.
- Joint implementation-aktiviteter skal initieres og implementeres efter underskrivelsen af Konventionen. De skal ikke være en del af allerede indgåede samarbejder. Joint implementation skal fremskynde

mobilisering af yderligere ressourcer. Overførsel af ressourcer under joint implementation skal være separate og skal række udover de forpligtelser, som deltagende medlemmer allerede har indgået under den finansielle mekanisme under Konventionen.

Senere er det nødvendigt at udvikle en mekanisme, der kan håndtere multilaterale joint implementation-aktiviteter. Denne mekanisme kan anvendes til at håndtere joint implementation-aktiviteter mellem lande, som ikke på forhånd har en veldefineret målsætning eller forpligtigelse. Denne mekanisme kunne være en del af den fremtidige finansielle mekanisme.

2.2.3 Norske synspunkter

I Norge har man taget konsekvensen af, at man ikke har et veldefineret joint implementation-begreb. Norge har nedsat en speciel embedsmands-gruppe, som skal redegøre for muligheder ved joint implementation og præsentere kriterier og ideer til, hvorledes joint implementation kan udføres i praktisk operationel forstand.

I Norge menes det, at joint implementation er et vigtigt nøglebegreb, som skal opfyldes, for at Konventionens målsætning kan opfyldes på en global omkostningseffektiv måde. Norge mener yderligere, at der skulle etableres en kvantitativ forpligtelse om emissioner - hvilket mangler i Konventionens nuværende formulering. Som en start kunne man formulere en emissions-reduktionsmålsætning rettet mod at stabilisere emissionerne i OECD-landene som gruppe.

Joint implementation skal baseres på frivillige aftaler mellem to eller flere lande, således at indgåelse af et sådan projekt vil være til fordel for alle involverede parter. Det skal bemærkes, at joint implementation kun er én mulighed for strategi formulering til opnåelse af landenes forpligtelser i Konventionen.

Joint implementation er projekter, som løber over mange år, idet det tager år at etablere forbindelser, designe aftalen, osv. før der kan måles effekter af projektet. Det betyder, at Conference of Parties højst sandsynligt kun spiller en lille rolle ved begrænsning af emissionerne i dette århundrede. Men på længere sigt ses joint implementation at kunne være en vigtig mulighed for substantielle ressource overførsler mellem OECD-lande og udviklingslande.

Norge har følgende syn på kriterier, som kunne være basis for joint implementation:

- Joint implementation-kriterier kan ikke annullere artiklerne i Konventionen.
- Joint implementation-kriterier kan ikke være mere restriktive end det, der ligger i Konventionen.

- Joint implementation-kriterier kan ikke give restriktioner for anvendelsen af joint implementation, hvis restriktionerne er rettet mod punkter, der er tilladt under Konventionen.
- Joint implementation-kriterier kan ikke anvendes til at fortolke Konventionen og slet ikke de specielle forpligtelser, der ligger i artiklerne 4.2(a) og 4.2(b).
- Kriterier for joint implementation skal begrænses til at give operationelle guidelines for, hvorledes frivillig samarbejde mellem deltagende medlemmer i joint implementation kan praktiseres.

Derudover tolkes Konventionen i relation til joint implementation på følgende måde:

- Joint implementation skal ikke begrænses til en speciel periode, der for eksempel skal begynde efter århundrede skiftet. Joint implementation skal kunne anvendes til opnåelse af Annex I-landenes forpligtelser, idet joint implementation danner en integreret del af de specifikke forpligtelser, der er ligger for Annex I-landene i artikel 4.2(a).
- Joint implementation-projekter til en speciel gruppe af lande som for eksempel Annex I-landene skal ikke begrænses.
- Joint implementation skal ikke begrænses til kun at kunne finde anvendelse for Annex I-lande, som har opnået tilstrækkelig national reduktion i forhold til deres specifikke forpligtelser under Konventionen.
- Annex I-deltagere skal kunne opnå fradrag i national emissionsforpligtelse ved deltagelse i joint implementation med ikke Annex I-deltagere.

Joint implementation opfattes som et begreb, der er en del af at implementere strategier og opfylde målsætninger under artikel 4.2(a). Det vil sige, at joint implementation er en del af de strategier til opnåelse af Konventionens målsætninger. Det vil derfor ikke give nogen mening at etablere kriterier for joint implementation som anviser Annex I-lande at gå videre end specifikke forpligtelser.

2.2.4 Svenske synspunkter

Sverige forsøger i øjeblikket at formulere deres synspunkter på joint implementation. De følgende bemærkninger er foreløbige synspunkter, som det er blevet oplyst fra Komiteén för Internationellt Miljösamarbete. Synspunkterne er videresendt til INC.

Sverige mener, at de globale problemer skal løses i fællesskab mellem industrialiserede lande og u-lande og samarbejde mellem industrialiserede

lande imellem. Nationale forpligtigelser skal stå i forhold til landets økonomiske potentiale, således at man opnår en fair international fordeling af målsætninger.

Forpligtelserne, der følger under Konventionen, skal baseres på et fælles men differentieret ansvar. Forskellige grupper af lande skal have forskellige krav baseret på objektive kriterier som for eksempel BNP pr. capita.

Sverige mener, at den næste fase af forhandlingerne omkring begrænsninger af drivhusgasemissioner koncentrerer sig om forpligtelserne som *hvert land* skal opfylde. Omkostningseffektivitet er her et nøgleord, som ikke kan vurderes, hvis der ikke formuleres klare og tydelige målsætninger.

Samarbejde mellem to eller flere lande ses af Sverige at være en stor fordel. Marginale omkostninger varierer betydeligt mellem forskellige lande. Etablering af joint implementation-projekter vil derfor give incitament for industrialiserede lande til at reducere drivhusgasemissioner i forhold til deres økonomiske formåen, samtidig med at det bliver muligt for disse lande at implementere krav og reallokere økonomiske ressourcer til andre nationer med mindre marginale reduktionsomkostninger. Dette ses som et middel til at undgå, at nationer med høje marginale omkostninger tager unødvendige restriktive positioner i fremtidige forhandlinger. Joint implementation vil på den måde lette den fremtidige stillingtagen af forpligtelser og kan samtidig bruges som basis for yderligere ressource flow til mindre udviklede lande.

Det betyder også, at Sverige mener, at begrebet joint implementation skal udvikles som en langsigtet mekanisme i implementeringen af Konventionen. De forpligtelser, som ligger i Konventionen på nuværende tidspunkt, kræver ikke anvendelsen af joint implementation-målsætninger og -kriterier. Hvis sådanne krav og kriterier udformes i hast, vil der være risiko for en forvikling af fremtidige forhandlinger.

Sverige mener, at der udvikles en opgørelse over nuværende bilaterale aktiviteter, som sigter mod carbondioxid-emissionsreduktion. Sådanne studier kan anvendes som baggrund for yderligere diskussioner om kriterier for joint implementation. I Sverige er der allerede initieret sådanne projekter. Samtidig har man nedsat en kommission under den svenske regering, som skal studere begrebet joint implementation.

Overordnet set er Sveriges synspunkter baseret på, at man ønsker, at joint implementation-begrebet og kriterier for omkostningseffektivitet skal ses for bi- eller multilaterale projekter, idet der vil være store ulemper for visse lande ved at se på disse isoleret. Dette skal ses i lyset af Sveriges planer for udfasning af kernekraften i 2000-2010 med endeligt ophør i 2010, hvor man ved denne proces må forvente en stigning i carbondioxid-emissionsniveauet ved substitution af kernekraften til andre tilgængelige energikilder (dette er yderligere behandlet i kapitel 3 og 4).

2.3 Handlingsplaner

Opfyldelse af Klimakonventionens målsætning er nøje knyttet til de enkelte landes fastsættelse af nationale/regionale krav og strategier. Klimakonventionen er som allerede nævnt en overordnet ramme, som ikke er specielt detaljeret med hensyn til målsætninger og retningslinier. Usikkerheden ved begreberne som joint implementation kan indebære en tilbageholdenhed i de enkelte landes vilje til at sætte krav og implementere strategier. Det er i den forbindelse centralt at afklare, om en investering og emissionsreduktion kan opnås på "lovlig vis" i fællesskab med et andet land (f.eks. et u-land), eller om reduktioner skal foregå ensidigt nationalt.

Gennem klimaforhandlingerne har de nordiske lande spillet en central rolle ved udformningen af forslag til en fælles implementering af klimastrategi. Internationalt set er de nordiske lande kommet langt i implementeringen af klimatiltag. Det gælder specielt på afgiftsområdet og for nogle nordiske lande også med hensyn til mere administrative virkemidler.

Forskellige nationale interesser og usikkerheden omkring indholdet af centrale punkter i klimakonventionen giver anledning til mange forskellige måder at udforme nationale som regionale målsætninger på. Tabel 2.1 viser en række af de Europæiske landes erklærede målsætninger og viser samtidig den flertydighed, som ligger i Konventionens formulering.

De nationale målsætninger er bl.a. udformet på flg. forskellige måder:

- Ensidiig, nationale målsætninger til opnåelse af specielle mål, som følges op af handlingsplaner (Holland og Danmark).
- Ensidiig, national foreløbig og betinget målsætning til opnåelse af specielle mål (for eksempel Tyskland, Norge og Storbritannien).
- Målsætninger som justeres i henhold til behovet for national økonomisk vækst (for eksempel Spanien, Portugal og Grækenland).
- Målsætninger der er baseret på pr. capita emissioner (Frankrig).
- Målsætninger formuleret som specielle politiske beslutninger.
- Regionale målsætninger som er udformet således, at stigninger i emissioner tillades i takt med den økonomiske vækstrate i specielle lande i regionen til gengældelse for mere ekstensive reduktioner i andre lande (for eksempel i den Europæiske Union, EU er foreløbig opgivet idet kun 6 lande i EU (Danmark, Tyskland, Italien, Belgien, Holland og Luxembourg) var tilhængere af en betinget ratificering med en fælles CO₂ afgift - måtte opgives for at bane vej for en hurtigere ratifikation (USA og Japan havde ratificeret, og man kunne derfor ikke vente længere i EU).

Tabel 2.1 Nationale europæiske planer vedrørende begrænsning af drivhusgas-emissioner (CO₂ og basisår er 1990, hvis intet andet er anført).

Land	Målsætning	Kommentar
Belgien	EU-bestemmelse	
Danmark	20% reduktion i 2005	1988 basisår. Handlingsplan tiltrådt
Finland	Stabilisering i 2000	Målsætning, ikke formaliseret krav
Frankrig	Stabilisering til under niveau på 2,0 kg carbon (7,3 kg CO ₂) pr. capita i 2000	
Grækenland	EU-bestemmelse	Endnu ingen målsætning
Irland	EU-bestemmelse	Endnu ingen målsætning
Island	Stabilisering i 2000	Endnu ingen målsætning
Italien	Stabilisering i 2000 20% reduktion i 2005	1988 basisår. Ikke-bindende resolution
Luxembourg	Stabilisering i 2000 20% reduktion i 2005	
Holland	• CO ₂ stabilisering i 1995 • 3-5% reduktion i 2000 • 20-25% reduktion i 2000 af alle drivhusgasser	1989/90 basisår
Norge	Stabilisering i 2000	1989 basisår, foreløbig krav
Portugal	EU-bestemmelse	Endnu ingen national målsætningsværdi
Spanien	Begrænsning i udledning på 25% i 2000	Foreløbig
England	Stabilisering af CO ₂ i 2000 Total drivhusgasemissionreduktion på 20% i 2005	På betingelse af at andre lande indfører tilsvarende mål
Schweiz	Mindst stabilisering i 2000	Foreløbig målsætning
Sverige	Stabilisering i 2000	Målsætning, ikke formaliseret krav
Tyskland	25% reduktion i 2005	1987 basisår. Større procentvis reduktion i østdelen af landet
EU	Stabilisering i 2000	Målsætningen gælder for hele Unionen som en helhed
EFTA	Stabilisering i 2000	EFTA medlemmer skal tilsammen opfylde EU kravet

Kilde: Swedish Environmental Protection Agency (1992), "Regeringens proposition 1992/93:179 om åtgärder mot klimatpåverkan m.m.".

Det skal nævnes, at Australien, Japan, Canada, New Zealand og USA er andre industrialiserede lande, som har erklærede målsætninger svarende til de i tabellen nævnte.

Alle ovennævnte målsætninger var erklærede, før Klimakonventionen var etableret (i juni 1992). Den Europæiske Union har været ledende for diskussionerne i Europa. Man har dog ikke kunne enes om en fælles handlingsplan, hvor for eksempel en CO₂-afgift kunne være en del af en aktiv strategi. Der har været diskussioner om en inddeling af EU, så Spanien, Portugal og andre syd Europæiske lande skulle tillades at kunne udsende carbondioxid, mens Tyskland, Danmark og andre skulle formindske deres tilsvarende.

Alle nordiske lande har angivet målsætninger for emissionsreduktion. Landene har besluttet sig til at nationale og ensidige målsætninger (Finland har ikke formelt gjort dette).

Ud af OECD landene er det kun Danmark, Norge, Finland og Sverige foruden Holland, som har indført egentlige tiltag, der skal formindske drivhusgasemissionerne. Disse lande har alle indført carbon-, CO₂- eller energiafgifter på specielle typer af brændselsforbrug.

Kun Danmark har indtil nu udformet en decideret politisk vedtaget handlingsplan for, hvorledes reduktionen skal udføres i praksis. Sverige har dog eksisterende handlingsplaner, hvor man søger at begrænse carbondioxid-emissioner inden for alle carbondioxid-producerende sektorer. Der skal herunder knyttes nogle mere specifikke bemærkninger til de nordisk landes overvejelser og planer til opnåelse af de specifikke målsætninger. Mere detaljerede kommentarer omkring hvert nordisk lands kort- og langsigtede strategier diskuteres i kapitel 4. Det skal bemærkes, at der her skelnes mellem politisk vedtagne handlingsplaner og målsætninger for scenarieanalyser. Herunder nævnes kun de politisk vedtagne tiltag, mens de muligheder, man opererer med gennem scenarieanalyser, omtales nærmere i kapitel 4.

Det skal nævnes, at handlingsplaner og tiltag, der allerede er indført, ikke på nogen måde bygger på principper eller ideer, der kan føres ind under joint implementation-begrebet. Hertil er begrebet for nyt og ikke tilstrækkeligt defineret. Følgende handlingsplaner afspejler i højere grad de nordiske landes politiske og nationale overvejelser, som er udformet *inden* underskrivelsen af Klimakonventionen.

2.3.1 Danske målsætninger

Med handlingsplanen "Energi 2000" blev der i 1990 udformet krav og indsatsområder til bl.a. reduktion af carbondioxid-emissioner (se Energiministeriet, 1990). Planen er i 1993 blevet fulgt op og revideret i overensstemmelse med, hvad der er opnået, og hvad der mangler for opnåelse af de overordnede målsætninger (se Energiministeriet, 1993).

Med hensyn til CO₂-emissioner har Energi 2000 en overordnet målsætning, som sigter mod en 20% emissionsreduktion i år 2005 efter 1988-niveauet. Dette skal ske gennem en lang række af tiltag, omfattende energi-besparelser, CO₂-orienteret planlægning i elsektoren, øget tilslutning til kollektive net og effektivisering af varmforsyningen, udbygning af vedvarende energi, øget forskning og udvikling, samt styrkelse af internationale relationer på energiområdet. Tabel 2.2 viser en oversigt over områder, hvor der er indført eller forventes indførelse af regulering (politisk vedtaget).

Tabel 2.2 Eksempler på indsatsområder og specialpunkter hvor udarbejdelse af regulativer indføres i Danmark. (Kilde: Energiministeriet, 1993)

Indsatsområde	Specialpunkter
Energibesparelser	<ul style="list-style-type: none"> • energistyring i amter og kommuner • gradvis indførelse af miljøafgifter
Planlægning i elsektoren	<ul style="list-style-type: none"> • integreret ressourceplanlægning • udformning af overordnede målsætninger i planlægning • import/export i relation til CO₂-målsætningerne
Varmeforsyning	<ul style="list-style-type: none"> • øget tilslutning til kollektiv varmforsyning • vurdering og omlægning af behov for supplementer i kraftvarmekapaciteten
Vedvarende energi	<ul style="list-style-type: none"> • igangsættelse af kommunal vindmølleplanlægning • etablering af biomasseprojekter på Bornholm • understøttelse af solvarmeanlæggenes teknologiske udvikling

Effekten af tiltagene diskuteres i kapitel 4. Yderligere detaljer kan findes i Energiministeriet (1993).

Egentlige emissions reducerende tiltag er indført ved at lægge forbrugs-skatte og afgifter på følgende (Nordisk Ministerråds ad hoc gruppe for Klimastrategier på Energiområdet (1993)):

For private: Følgende afgifter er indført pr. 15 maj 1992

242 DKK/t kul anvendt
0.10 DKK/kWh anvendt elektricitet
320 DKK/t olie anvendt
270 DKK/m³ brændselsolie anvendt
1.70 DKK/l diesellole anvendt

For industrien: Følgende afgifter er indført pr. 1 januar 1993

121 DKK/t kul anvendt
0.05 DKK/kWh elektricitet anvendt
160 DKK/t olie anvendt
135 DKK/m³ brændselsolie anvendt
0.85 DKK/l diesellole anvendt

Grundlaget herfor og effekten af disse tiltag er diskuteret i kapitlerne 4 og 5.

2.3.2 Finske målsætninger

Som det er skrevet i Tabel 2.1, har Finland endnu ikke udformet en formaliseret målsætning for Klimakonventionen, heraf følger at Finland heller ikke har formuleret en decideret handlingsplan. Det skal dog nævnes, at den finske regering i 1992 indførte et omfattende program for energibesparelser. Heri er der fastsat målsætninger for at reducere væksten i energiforbruget, samtidig med at man ønsker at øge energieffektiviteten i alle sektorer.

Til gengæld var Finland det første nordiske land, som indførte carbon-dioxid-afgifter. Det blev indført d. 1. januar 1990 og er en generel afgift på 33 FIM/ton carbon ved anvendelse af fossil brændsel. Dette gælder for alle sektorer foruden produkter, der anvendes som råmaterialer i industriel produktion, og brændsel til udenlandsk transport.

2.3.3 Islandske målsætninger

Der arbejdes med en handlingsplan til nationalt målsætningskrav; planen forventes vedtaget i september 1994. Målsætning er en stabilisering af carbondioxid emissionen i 2000 med 1990 som basisår.

For Islands vedkommende foreligger der den specielle situation, at ca. 90% af de samlede carbondioxid-emissioner stammer fra mobile kilder eller fra industrielle processer hvor kul anvendes.

Island har allerede indført forskellige former for energiskatter på import og forbrug af olie og benzin, som er vigtigste kilder til emissionsproduktion (se Vilhjamsson, 1990, for detaljer om hvilke skatter der er indført). Der er ligeledes indført afgift på energi til opvarmning i form af moms. Man har på nuværende tidspunkt ikke planer om indførelse af yderligere energiafgifter. Desuden er der foretaget en række tiltag for at overgå til brug af geotermisk energi, ligesom der foretages støtte til industriens overgang til el i stedet for olie.

2.3.4 Norske målsætninger

Det i Tabel 2.1 overordnede mål for stabilisering af CO₂-udslippene inden år 2000 er den eksisterende målsætning for Norges foreløbige planer for CO₂-regulering. Norge har ingen umiddelbare planer om at udforme en national handlingsplan. De fleste overvejelser peger imod, at man vil følge en afgiftsregulering som gennemføres i den Europæiske Union.

Norge har i 1991 første gang indført forbrugsafgifter. Disse er:

0.8 NOK/l benzin anvendt
0.4 NOK/l diesel- og fuelolie
0.8 NOK/m³ naturgas anvendt
0.4 NOK/k kul anvendt

Afgifterne gælder for alle energisektorer foruden brændstoffer, der transporteres via fly eller skib, og kul anvendt som input til industrielle processer.

2.3.5 Svenske målsætninger

I Sverige er der i "Regeringens proposition 1992/93:179 om åtgärder mot klimatpåverkan m.m." redegjort for de svenske initiativer og målsætninger for drivhusgasreduktion. Sveriges målsætning er en stabilisering af CO₂-emissionen i 2000 med basis i 1990. Dette skal sikres ved at begrænse emissioner fra alle drivhusgas-producerende sektorer. Desuden er målet for metan en reduktion med 30% i forhold til 1990. Samtidig har Sverige erklæret sig villig til aktivt at arbejde for en multinational strategi for de vesteuropæiske lande, hvor emissionerne i år 2000 ikke må overskride det nuværende niveau, totalt set, samt at emissionsniveauet skal mindskes efter år 2000. Denne målsætning skal senere udbygges til ligeledes at omhandle alle industrialiserede lande (se Swedish Environmental Protection Agency, 1992).

Det skal bemærkes, at man i Sverige har indført en række foranstaltninger til reduktion af carbondioxid-emissioner. Der blev i begyndelsen af 1991 vedtaget en energipolitik, hvor der blev formuleret specifikke krav til forskellige sektors forbrug og forbrænding af energi under hensyntagen til afledte effekter i miljøet. I denne forbindelse blev der blandt andet indført en CO₂-, svovl- og energiafgift på forbrug af forskellige brændsels typer (se yderligere detaljer i Swedish Environmental Protection Agency, 1992).

Afgifterne er som følger:

320 SEK/t CO₂ for alle fossile brændsler anvendt i husholdninger
80 SEK/t CO₂ for alle fossile brændsler anvendt i industrien.

Der er forskellige planer for CO₂-afgifter for både industri og husholdninger. Det planlægges, at pålægge ikke-energiintensiv industri samme afgift som husholdningerne, altså 320 SEK/t CO₂. Desuden foreslås en afgift på kraftvarme genindført.

3 Energi og emissioner i de nordiske lande

I klimasammenhænge er *energi og emissioner* helt centrale begreber. Forbrug af energi står for mellem 70% og 80% af de aktuelle udslip af drivhusgasser. I praksis er den eneste måde at gøre noget ved problemet at reducere anvendelsen af fossil brændsel. Dette kan ske enten gennem en mere effektiv anvendelse af energien, substitution til mindre carbonholdige energikilder, anvendelse af og udvikling af nye ikke-fossile energikilder samt energibesparelser.

Med til klimakonventionens forpligtelser hører, at de enkelte lande skal rapportere deres nuværende og forventede niveau af drivhusgasemissioner. Disse oplysninger skal ligge til grund for fastsættelse af krav og vurdering af effekten af tiltag i de enkelte lande. De nordiske landes energisystemer og drivhusgas emissioner er i dette kapitel beskrevet nærmere med henblik på en vurdering af den enkelte landes emissionsreduktionsmuligheder og af deres interesser i forhold til principper for udformningen af bindende reduktionsaftaler under klimakonventionen.

3.1 Energi i Norden

Relativt store variationer i klima og geologi er årsager til, at de nordiske lande har forskellig behov og tilgang til naturressourcer til blandt andet at dække energiforbrug og produktion. Med hensyn til energiforbrug og emissioner af drivhusgasser er der store strukturelle landeforskelle. Nogle af disse forskelle skal i det følgende blive specificeret gennem beskrivelse af energisystemerne, energiforbruget og niveauet af drivhusgasemissioner i de nordiske lande.

Nordens lande må hver især karakteriseres som højt industrialiserede lande, hvor aktiviteterne i samfundet er meget afhængige af "adgangen til" energi. Set som en helhed har landene tilsammen rigelige ressourcer af olie, naturgas, vandkraft og biomasse. Totalt set sætter dette Norden i stand til at opretholde energiintensive aktiviteter, som placerer Norden i toppen på en liste over de mest energiforbrugende regioner i verden.

3.1.1 Energiforsyningen

Bruttoenergiforbrugets sammensætning

Nordens lande har totalt set tilgang til en bred vifte af energikilder. Træ, kul og koks har indtil 1900 tallet været de vigtigste energikilder til opvarmning af boliger og til minedrift og industri. I dag er det hovedsageligt

kul, olie, naturgas, vandkraft og kernekraft, som er dominerende energikilder, men også mere alternative energikilder som vindenergi og geotermisk energi produceres og anvendes. Tabel 3.1 viser sammensætningen og størrelsen på bruttoenergiforbruget i de nordiske lande i 1990.

Tabel 3.1 Bruttoenergiforbruget i Norden i 1991. Tallene er udtrykt i PJ. (Kilde: Nordisk Ministerråd, 1992)

	Danmark	Finland	Island	Norge	Sverige
Kul/koks	254	192	2	35	107
Olie	315	397	26	364	874
Naturgas	76	93	0	79	24
Biomasse ¹	44	22	0	38	235
Kernekraft	0	184	0	0	722
Fjernvarme ²	0	0	44	0	24
Vandkraft	0	39	15	380	254
El-import	43	40	0	1	46
Total	732	967	87	897	2286

1. Indeholder fornybare energikilder.
2. For Island stammer fjernvarmen fra produktion fra geotermiske kilder.
For Sverige stammer fjernvarmen fra produktion fra varmepumper.

Note: I følge standardkonventionen i Nordisk Ministerråds energistatistik er vandkraft opgjort som brutto elproduktion, mens kernekraft er opgjort som energimængden i varme fra kernekraftsreaktoren. Af denne energimængde udgør elproduktionen ca. 33%.

Bruttoenergiforbruget er i Danmark domineret af kul og olie. Finland har en mangestrengt primær energiforsyning, hvor både kernekraft, vandkraft og fossile brændsler anvendes til elproduktion. Det islandske energisystem bygger dels på meget store vandkraftressourcer til elproduktion, geotermisk energi som anvendes til fjernvarme, og olie som hovedsagelig anvendes indenfor fiskeri- og transportsektorerne. De to væsentlige elementer i bruttoenergiforbruget i Norge er vandkraft, som dækker hele elproduktionen, og olieforbrug i transportsektoren og industrielle processer. Sidst er Sveriges energiforbrug, ligesom Finlands, mangestrengt. Kernekraften og vandkraft er begge store elproduktions-kilder. Yderligere er olieforbrug til opvarmning, industrielle processer og transport en dominerende del af bruttoenergiforbruget.

Den meget forskelligartede sammensætning af de nordiske landes bruttoenergiforbrug hænger bl.a. sammen med forskellig adgang til naturressourcer som vandkraft. Danmark udskiller sig her markant fra de andre nordiske lande ved ikke at have adgang til vandkraft, samtidig med at andre CO₂-fri energikilder som kernekraft heller ikke anvendes.

Udover de meget store vandkraftressourcer har Norge også meget store olie- og gasressourcer i undergrunden, hvilket betyder, at Norge som det eneste nordiske land er nettoeksportør af energi. Den totale nettoimport af energi i de nordiske lande er vist i den efterfølgende Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Den totale nettoimport (PJ) i de nordiske lande i 1991. (Kilde: Yearbook of Nordic Statistics 1986-1994)

Total nettoimport (PJ)				
Danmark	Finland	Island	Norge	Sverige
344	677	29	- 4596	751

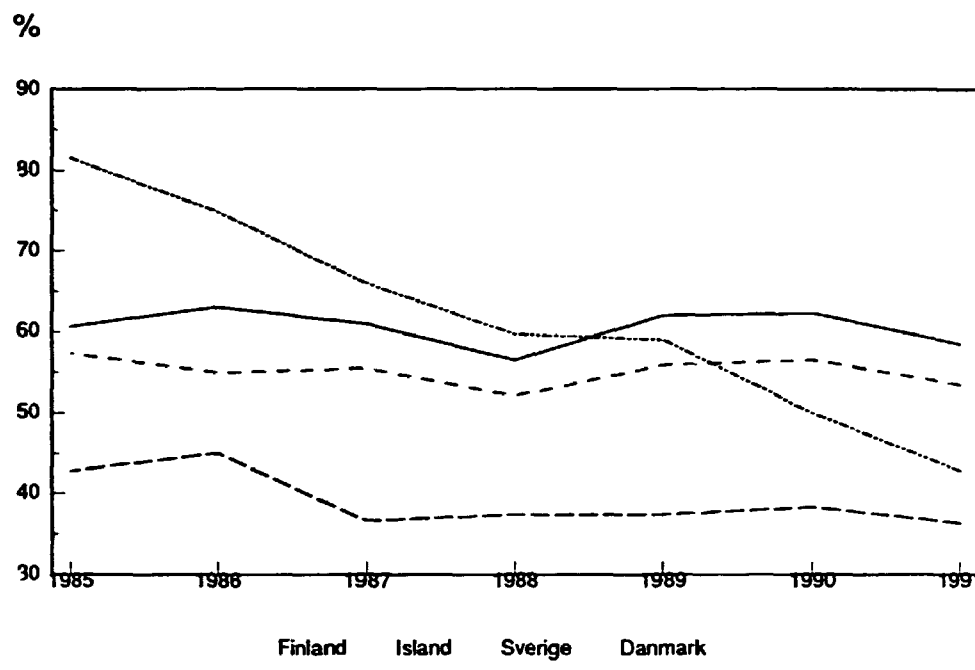
Norge er den største energieksportør inden for EFTA-landene, og som allerede nævnt markerer Norges nettoimportandel af energiforbruget sig i forhold til de andre nordiske lande. I hele perioden har Norge været nettoeksportør af energi. Denne eksport skyldes hovedsageligt den større udvinding af olie og naturgas. Den totale eksport er stigende og svarer til over 5 gange Norges eget totale energiforbrug. Norge eksporterer mest olie, som anløber sig til ca. 76% af den totale nettoimport. I alt svarer Norges olieeksport til ca. 20% af den totale olieimport i Europa. Naturgasandelen svarer til ca. 20% af den totale nettoimport, hvilket repræsenterer ca. 25% af den totale import af naturgas i Europa. Norge er således det næst-vigtigste forsyningsland for naturgas. Kun det tidligere Sovjet er en større forsyningskilde.

Udover Norge har de andre nordiske lande en betydelig energiimport.

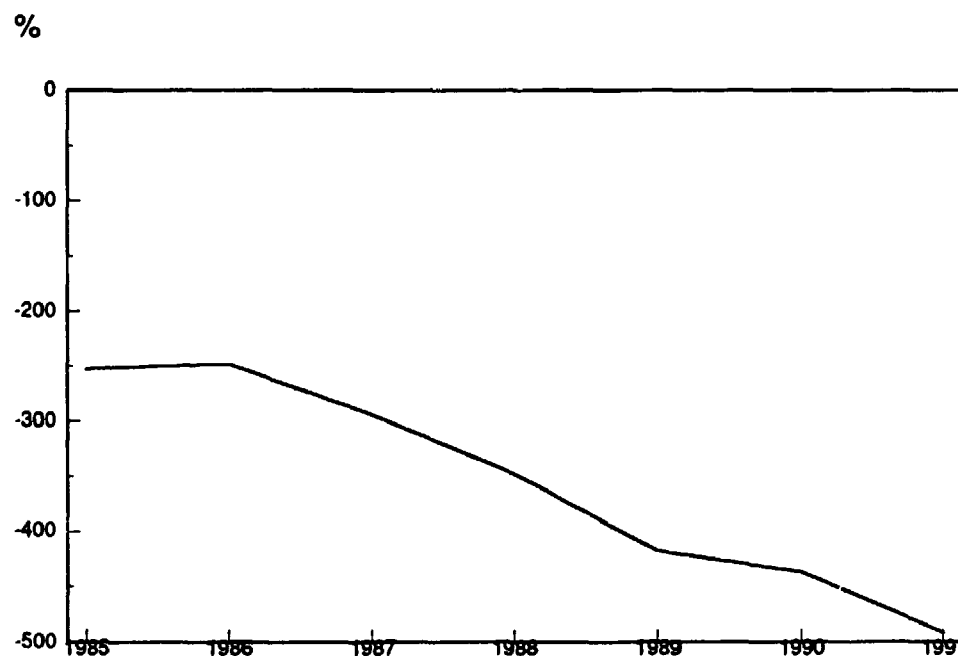
Figur 3.1 og 3.2 viser energiimportens andel af det samlede energiforbrug, som det har været i perioden 1985-1992 i de nordiske lande. Med de højeste importandele ligger Danmark og Finland, som i perioden gennemsnitligt har importeret omkring 55-65% af energien til forbrug. For Danmarks vedkommende med en faldende tendens, energiimportens andel er således halveret i løbet af perioden. Sverige og Island har gennem hele perioden ligget noget under med en andel på 35-45%. Som det ses af Figur 3.2, har Norges energieksport udgjort en stigende andel af det nationale energiforbrug over perioden.

I den angivne tidsperiode er Danmark det nordiske land med lavest selvforsyningsandel. I starten af perioden importerede Danmark op mod 81% af energien. Igennem de senere år er denne andel dog betydeligt da endt, så den i 1991 ligger lavere end både i Finland og Sverige. Denne ændring skyldes hovedsageligt, at Danmarks olie og gas produktion er vokset, mens elproduktionen i perioden er omstillet fra olie til kul. Kul repræsenterer den største importandel på næsten 93% af den totale import. Denne andel har været næsten uændret i de seneste år.

Finlands energiimport har udgjort en nogenlunde konstant andel på ca. 50-60% af det nationale forbrug over den betragtede periode. 60% af importen var olieprodukter, mens importen af naturgas og kul hver især udgør ca. 15% af den totale import. Det skal her bemærkes, at importen af naturgas gennem perioden har været svagt stigende på bekostning af olie og kul.



Figur 3.1 Nettoenergiimportens procentvise andel af det samlede forbrug i Finland, Island, Sverige og Danmark i perioden 1985-1991. (Kilde: Yearbook of Nordic Statistics 1986-1994)



Figur 3.2 Nettoenergiimportens procentvise andel af det samlede forbrug i Norge i perioden 1985-1991. (Kilde: Yearbook of Nordic Statistics 1986-1994)

Forsyningsmæssigt er Island godt stillet med store muligheder for at udnytte vandkraft og geotermiske kilder. Disse muligheder giver Island en høj grad af selvforsyning på over 60% af det totale energiforbrug. Islands import af energi sker næsten udelukkende i form af olie. Da olie allerede er næsten fuldkommen erstattet med geotermisk energi eller el i opvarmingssektoren kan der ikke forventes et fald i olieforbruget herfra. Faldet i olieforbruget må derfor finde sted i transport- og fiskerisektoren ved især tekniske fremskridt.

Den svenske importandel er igennem de senere år faldet. Det skyldes hovedsageligt, at olieimporten og anvendelsen af olie er mindsket og blevet erstattet af el og fast brændsel, som Sverige selv producerer. Stadig anløber olieandelen sig til ca. 85% af den totale energiimport, mens importen af fast brændsel svarer til 12% af totalimporten. Naturgas ligger med en andel på 3%. Indførelsen af naturgas begyndtes først i midten af 1980'erne og det må forventes, at naturgasandelen er stigende i fremtiden. Det skal her nævnes, at Sverige producerer en del elektricitet dels fra vandkraft, men også fra kernekraftværkerne. Der er en svingende tendens til hvor meget overskudselektricitet, der produceres og eksporteres. I 1986/1987 var andelen 2% af Sveriges totale nettoimport, mens andelen blot var 1% i 1991.

Elproduktionen

De nordiske landes elproduktion er i den følgende Tabel 3.3 opgjort på anlægstyper.

Som det ses er elproduktionen i Danmark præget af konventionelle kondensanlæg fyret med kul. Island og Norge er domineret af vandkraft-værker, mens Sverige væsentligst producerer el med kernekraft- og vandkraft. Den finske elproduktion foregår på såvel kulkraft-, kernekraft- og vandkraftværker.

Der foregår en del udveksling af (handel med) elektricitet de nordiske lande imellem. Udvekslingen foregår igennem kraftoverførselsnettene, som Island, af geografiske omstændigheder, ikke er tilknyttet. Tabel 3.4 viser eludvekslingen de nordiske lande imellem (Island undtaget) samt det el som blev eksporteret/importeret via overførselsnettene til/fra andre regioner i Europa.

Størst eleksportør er Norge, som tilfører Sverige og Danmark en stor mængde el. Sverige eksporterer ligeledes en stor del el til både Danmark og Norge. Sådanne eksport/importforhold er relevante at tage i betragtning, når man taler om emissionsreducerende strategier og vanskeliggør udvikling af krav og begrebet joint implementation.

Tabel 3.3 Anlægsfordelingen af de nordiske landes elforsyningssystemer i 1990. Tallene er produktionstal og er angivet i TWh. (Kilde: Nordisk seminar og arbejdsrapport, 1993)

	Danmark	Finland	Island	Norge	Sverige
Modtryksanlæg, fjernvarme	0	85,9	0	0	20,7
Modtryksanlæg, industriel	3,6	77,4	0	2,2	30,7
Kondensanlæg, A-kraft	0	181,3	0	0	652,5
Kondensanlæg, konventionel	229,9	59,7	0	1,2	2,5
Gasturbine, dieselanlæg	0	0,1	0,1	1,3	0,5
Vindkraft	5,2	0	0	0	0,1
Vandkraft	0,3	108,2	41,6	1211,4	714,6
Geotermisk	0	0	2,8	0	0
Kondensanlæg, proces	0	4,5	0	0	0
Total	239,0	517,2	44,5	1216,0	1421,6

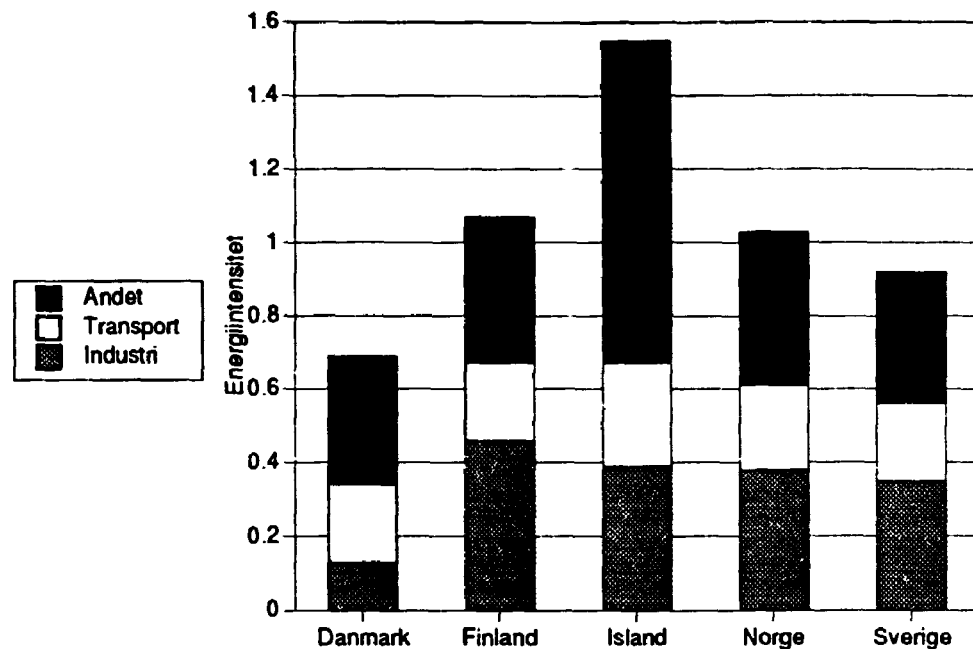
Tabel 3.4 Eksport/import af elektricitet i Norden i 1990. Enhederne er i GWh. (Kilde: Nordel, 1990)

Fra/til	Danmark	Finland	Norge	Sverige	Andre
Danmark	-	0	7	220	4701
Finland	0	-	2	361	0
Norge	3958	114	-	12329	0
Sverige	7922	6356	399	-	0
Andre	93	4617	0	0	-

3.1.2 Endelig efterspørgsel efter energi

Centralt for mulighederne for reduktion af emissioner af drivhusgasser er strukturen af energiforbruget - de energikrævende kategorier.

Den endelige efterspørgsel efter energi er i det følgende inddelt i kategorierne: industri, transport og andet (omfattende husholdninger, service, fiskeri, handel og lignende). Industri dækker over fremstilling, minedrift og udvinding af råstoffer. Figur 3.3 viser endeligt energiforbruget pr. bruttonationalprodukt i de nordiske lande inddelt på disse 3 kategorier.



Figur 3.3 Endelig efterspørgsel efter energi pr. BNP-enhed (energi-intensitet) (PJ/mia. møntenhed) i de nordiske lande i 1989. (Kilde: Nordisk Ministerråd, 1992)

Det skal her bemærkes, at en opgørelse af energiintensiteten i forhold til endeligt energiforbrug vil give en relativ lille energiintensitet for lande med en høj andel af det samlede energiforbrug. Dette skyldes, at el opgøres som leveret el i en sådan statistik, mens andre energiarter som f.eks. varme opgøres som bruttobrændselsforbrug. Det betyder i en sammenligning af de nordiske lande, at Island, Norge og Sverige, hvor el udgør en høj andel af energiforbruget får en mindre beregnet energi-intensitet, når der tages udgangspunkt i endeligt energiforbrug fremfor i bruttoenergiforbrug.

Det skal bemærkes, at den meget ens levestandard i Norden gør, at billedet ville være det samme, hvis man udtrykker energiforbruget i energiforbrug pr. capita.

Det kan ses, at Island totalt set har den største energiintensitet, og Danmark har den laveste. Islands høje intensitet skyldes en relativ høj energianvendelse for husholdninger, fiskeri, handel og service ("andet"-sektoren), hvor specielt fiskeriet har en stor andel af forbruget. Danmarks lave intensitet skyldes industriens relativt lave energianvendelse. Finland, Norge og Sverige har nogenlunde samme struktur, idet Norge og Sverige er næsten identiske, mens Finland har en lidt højere intensitet.

Den mest homogene sektor for de 5 lande er transportsektoren. Måles denne pr. BNP-enhed, er variationerne mellem landene på 0.21 PJ pr. BNP-enhed i Finland, Danmark og Sverige og 0.28 PJ pr. BNP-enhed i Island. Betydeligt større forskel ses inden for industrisektoren, hvor forbruget

svinger mellem 0.46 PJ pr. BNP-enhed i Finland som største værdi og 0.13 PJ pr BNP-enhed i Danmark som mindste værdi.

Industrisektoren er den sektor med de største strukturelle forskelle landene imellem. I Finland er det specielt papirindustrien (fabrikation af papir, pap, grafisk virksomhed m.m.), som er af vigtighed. Mere end 25% (i 1989) af den finske industris værditilvækst stammer fra papirsektoren, som har en stor betydning for den finske økonomi. Denne sektor er ligeledes vigtig i Sverige, hvorfra 16,1% af industriens værditilvækst i 1989 stammede. Metal- og kemiindustriene dominerer i Norge, hvor disse tilsammen anvender en tredjedel af industriens energiforbrug.

I den følgende Tabel 3.5 er der foretaget en særskilt opdeling af elforbruget i anvendelsessektorer i 1990.

Tabel 3.5 Nettoelforbruget i Norden i 1990 fordelt på sektorer. Tallene repræsenterer 1990-værdier og er udtrykt som TWh. (Kilde: Nordiske Seminar og Arbejdsrapporter, 1993)

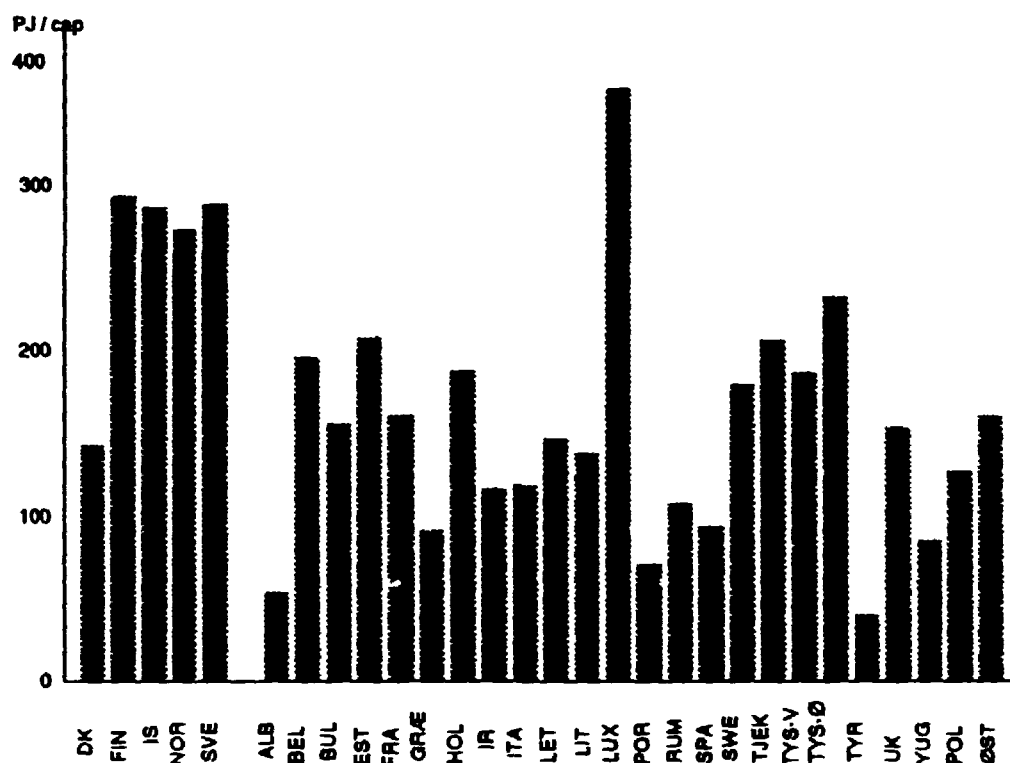
	Danmark	Finland	Island	Norge	Sverige	TOTAL
Husholdninger, handel service	19,7	25,8	1,3	45,8	66,3	158,9
Industri	8,9	33,0	2,5	42,6	51,3	138,3
Transport	0,2	0,4	0	0,7	2,5	3,8
TOTAL	28,8	59,2	3,8	89,1	120,1	301,0

Som tidligere anført er elforbruget markant højt i Island, Norge og Sverige. Danmark ligger meget lavt i forhold til de øvrige lande, specielt industrien har et lavt forbrug.

Elforbruget er for Norden under et nærmest fordelt ligeligt imellem husholdningssektoren og industrisektoren. Dette billede kan ligeledes ses direkte i Norge og Sverige. Denne fordeling er forskudt en smule i både Finland og Island, hvor industrien bruger 56% henholdsvis 66% af det totale elforbrug. Danmark er det eneste land, hvor husholdningssektoren har langt det overvejende elforbrug, som ligger på 70% af det totale elforbrug.

At Norden er en yderst energiintensiv region kan ses, hvis man sammenligner energiforbruget i landene normeret med befolkningsstørrelserne. Figur 3.4 viser energiforbruget pr. capita i Europa i 1990.

Energiforbruget er i Figur 3.4 omregnet til fossile brændselsækvivalenter, og dette betyder at det store elforbrug i Island, Norge og Sverige tæller stærkt sammenlignet med energiintensitets beregningen i ovenstående Figur 3.3.



Figur 3.4 Energiforbrug (fossile brændselsækvivalenter) pr. capita (PJ pr. mio. indbyggere) i Europa i 1990. (Kilde: Halsnæs og Sørensen, 1994)

Der er store europæiske variationer, når også de tidligere østlande medtages. Norge, Sverige, Finland og Island har nogle af de højeste energiforbrug pr. capita, mens Danmark ligger tæt op af et europæisk gennemsnit. Tyrkiet og Portugal har de laveste energiforbrug pr. capita. Figuren tager ikke hensyn til landenes forskelle i national økonomi, energibehov, klimatiske forhold, effektivitet af energisystemerne og andre faktorer, som er bestemmende for energiforbruget.

3.2 Drivhusgasemissioner

Drivhusgasser defineres generelt som gasser, der påvirker atmosfærens naturlige drivhusbalance og på længere sigt er medvirkende til globale klimaændringer (Fenger et al., 1990). Drivhusgasser kan inddeles i tre forskellige grupper (jf. Fenger et al., 1990):

- primære drivhusgasser som emitteres direkte, og som øger drivhuseffekten.
- sekundære drivhusgasser som dannes i atmosfæren.
- gasser, som ikke selv påvirker drivhuseffekten men gennem kemiske reaktioner kan influere på koncentrationerne af andre drivhusgasser

Klimakonventionen koncentrerer sig om de primære drivhusgasser, hvorunder carbondioxid (CO_2), metan (CH_4), lattergas (N_2O) og halocarboner

(CFC'er) hører. Konventionen retter sig primært mod reduktion og kontrol af emissioner af carbondioxid, metan og lattergas, hvorfor følgende gennemgang af landenes drivhusgasemissioner koncentrerer om netop disse forbindelser.

Drivhusgassernes påvirkning af drivhuseffekten afhænger dels af atmosfærens koncentration af stofferne og dels af disse stoffers levetid i atmosfæren.

3.2.1 Carbondioxid

Carbondioxid er den vigtigste antropogene drivhusgas, idet det er den drivhusgas, der tilføres atmosfæren i størst mængde både via naturlige og antropogene processer og aktiviteter. Carbondioxid dannes i alle forbrændingsprocesser, hvor der indgår kulstof i en eller anden form, hvilket vil sige processer, hvor fast brændsel eller biobrændsler indgår. Carbondioxid har en relativt lang levetid i atmosfæren: Gennemsnitligt 50-200 år før den nedbrydes. Koncentrationen af carbondioxid i atmosfæren er estimeret til at være ca. 350 ppmv, hvor en før-industriel værdi (fra omkring 1800-tallet) skønnes til at være 280 ppmv (Fenger et al., 1990).

Tabel 3.6 viser de nordiske landes carbondioxid-emissioner, som de er estimeret til at være i årene 1988/1990. Tallene er opdelt på forskellige energiforbrugende sektorer.

Emissionerne er søgt opgjort i følgende ens kategorier:

Raffinering og udvinding omfatter kilder, hvor energiresourcer er udvundet eller forarbejdet. *Elproduktion* dækker den endelige efterspørgsel efter elektricitet. *Fjernvarme* inkluderer forbrændingsværker anvendt til fjernvarme. *Processer* indeholder industrier, landbrug, skovbrug, fiskeri og konstruktion. *Individuel opvarmning* omhandler husholdnings- og service-sektoren. *Transport* inkluderer energi anvendt til indenlandsk og udenlandsk transport af mennesker eller gods. Emissionerne er angivet inklusiv og eksklusiv biomasse.

Måles emissionerne eksklusiv biomasse, har Danmark og Sverige de største emissioner. For Danmarks vedkommende er det den kulbaserede elproduktion, som står for den overvejende del af carbondioxid-udledningen. For Sverige og Finland er proces den største kilde. Norges udledning repræsenteres størst i transportsektoren som udledes ca. 40% af den totale CO₂-udledning. Sektoren raffinering og udvinding samt processer er ligeledes store kilder. For Islands vedkommende er den totale CO₂-udledning yderst lille sammenlignet med de øvrige lande.

Igen skal de totale niveauer normeres med indbygger antallet i landene for at angive nogle mere sammenlignelige indikatorer for carbondioxid-udledningen. Tabel 3.7 viser de totale CO₂-udledninger pr. capita i 1991.

Tabel 3.6 Carbondioxid-emissioner i de nordiske lande. Emissionerne er målt i kilotons.

	Carbondioxid-emissioner (1000 tons CO ₂ pr. år)				
	Danmark 1990	Finland 1988	Island 1990	Norge 1990	Sverige 1990
Raffinering og udvinding	1,6	3,8	0,0	9,2	1,5
Elproduktion	22,8	11,8	0,0	0,1	2,3
Fjernvarme	4,2	8,9	0,1	0,0	10,2
Processer	8,5	25,4	0,6	8,2	30,3
Individuel opvarmning	7,4	9,5	0,0	2,3	11,0
Transport	15,6 ^a	14,0	1,4	13,6 ^b	24,3
Andet	0,9		0,1	0,0	4,5
TOTAL	61,1	73,4	2,2	33,4	84,2
Biomasse (af total)	2,5	17,5	0,0	4,2	24,3
TOTAL ekskl. biomasse	58,6	55,9	2,2	29,2	59,9

Note: For Island har det ikke været muligt at disaggregere drivhusgasemissionerne på samme niveau som for de øvrige nordiske lande.

a) Af dette udgør udenrigstrafik ca. 5 Mt.

b) Dækker kun indenlandsk trafik. De norske emissioner ved udenrigstransport er i størrelsesordenen 25 Mt.

Kilder: Opgørelserne er beregnede på basis af

Fenger et al. (1990)

Ministry of Trade and Industry (1991)

Nordisk Ministerråd (1989)

Ministry of the Environment (1993)

Swedish Environmental Protection Agency (1992)

Ministry of Industry - Ministry of Industry, Island (1994)

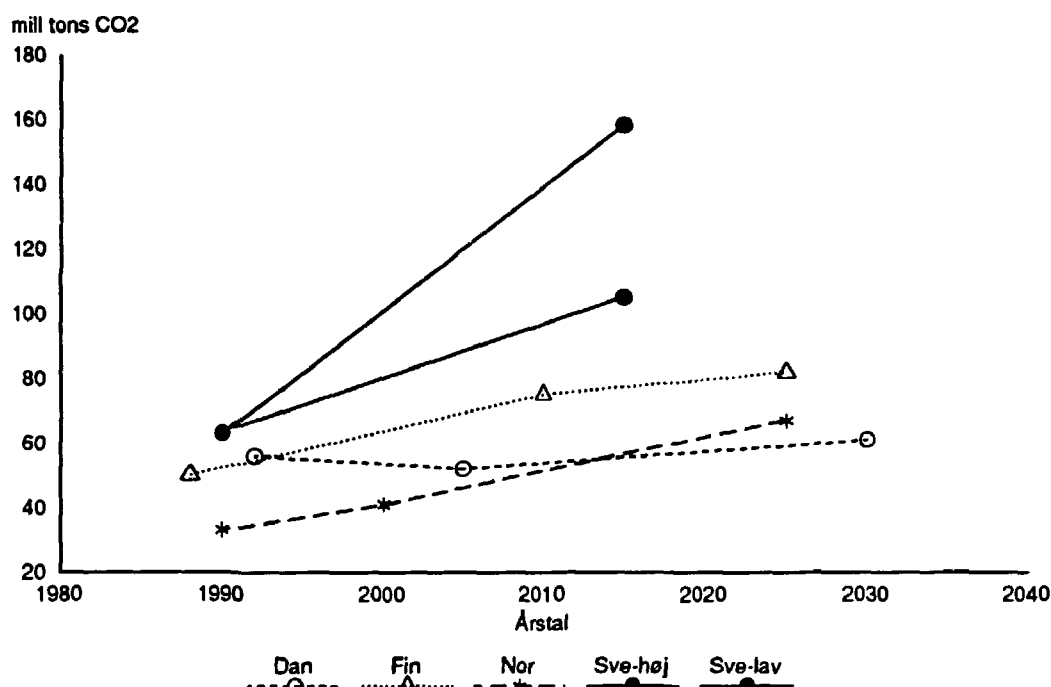
Tabel 3.7 De totale CO₂-emissioner pr. capita i nordiske lande i 1991. (Kilde: CEC, 1993)

CO ₂ -emission pr. capita (t/capita)				
Danmark	Finland	Island	Norge	Sverige
12,1	10,8	7,6	7,2	6,6

Denne repræsentation af tallene viser en noget andet belastning end indikeret ved Tabel 3.6. Såfremt emissionerne opgøres i forhold til befolkningsstørrelsen, er det tydeligt, at Danmark er det land, som udleder mest. Sverige som ligger relativt højt totalt set, ligger nu lavest de nordiske lande imellem. Norge og Island har lige store emissionsindikatorer, mens Finland stadig ligger højt.

For Nordens vedkommende er der store forskelle i forventningerne til fremtidens emissioner af carbondioxid. Figur 3.5 viser de nuværende emis-

sionsniveauer samt de niveauer, som forventes i fremtiden (de benyttede fremskrivninger beskrives nærmere i næste kapitel). For Islands vedkommende er der en "ikke-CO₂-reducerende" prognose for udviklingen i CO₂ emissionen under udarbejdelse. Der er ikke medtaget islandske tal i figuren. Tallene repræsenterer værdier, som de skønnes at være, uden at særlige carbondioxid-reducerende foranstaltninger tænkes indført.



Figur 3.5 CO₂-emissioner i Nordens lande som de er på nuværende tidspunkt, og som de forventes at være i fremtiden. Tallene er angivet i mio. tons CO₂.

Kilde: De langsigtede tal stammer fra:
 Danmark: Morthorst (1993)
 Finland: Ministry of Industry and Trade (1990)
 Norge: Moum (1992)
 Sverige: Statens Energiværk (1989)

Det kan ses, at Danmark er det eneste land, hvor det forventes, at carbondioxid-emissionerne vil stabilisere sig på langt sigt. Dette stemmer overens med, at Danmark er det eneste land, som allerede nu har vedtaget en decideret drivhusreducerende handlingsplan jf. kapitel 2. Det skønnes, at niveauet i 1992 på ca. 56 mio. tons CO₂ vil vokse til ca. 61 mio. tons i år 2030 (Morthorst, 1993). Referenceværdierne er opnået fra beregning med BRUS-modellen (se Morthorst, 1993 for yderligere kommentarer), hvor der overordnet antages, at de tiltag, Danmark allerede har vedtaget omkring carbondioxid-regulering (bl.a. punktskatter), effektueres.

I Finland regnes der med, at der vil ske en stigning i CO₂-emissionsniveauet fra et niveau på ca. 50 mio. tons til ca. 82 mio. tons i år 2025 (Ministry of Trade and Industry, 1990). Bag denne fremskrivning ligger antagelser om at kernekraften og vandkraft vil blive bibeholdt på sit nuværende niveau.

Væksten i emissionerne skyldes hovedsageligt udbygning i kulkondens til dækning af en relativt hurtigt voksende elefterspørgsel.

I Norge regnes der med en stigning i CO₂-emissionerne fra et niveau i 1990 på ca. 34 mio. tons, til ca. 42.9 mio. tons i år 2000 og yderligere til 67 mio. tons i år 2025 (Moum, 1992). Den væsentligste årsag til stigningen er udbygning med naturgaskraft, idet det vurderes at udbygning med vandkraft ikke er rentabelt efter århundredeskiftet.

Sverige opererer med to mulige fremtidige emissionsniveauer. En høj referenceværdi, hvor der antages en høj international økonomisk vækst i fremtiden og en lav referenceværdi, hvor en lav økonomisk vækst antages. Umiddelbart synes den store niveaustigning fra ca. 61 mio. tons i 1987 til 158 mio. tons (høj) eller 105 mio. tons (lav) i år 2015 af meget (Statens Energiverk, 1989). Hertil skal det bemærkes, at stigningen hovedsageligt afspejler den udfasning af kernekraften som er afsluttet i år 2010, uden at der sker væsentlig udbygning af vandkraften. Kernekraften skal derfor erstattes af andre energikilder, som forventes at have en større carbon-dioxid-emission til følge.

Disse fremskrivninger vil blive diskuteret i større detaljer i kapitel 4.

3.2.2 Andre drivhusgasser

Metan og lattergas er andre drivhusgasser, som opgøres emissions-mæssigt, og som der vil blive stillet udledningskrav til i fremtiden. Metan kommer hovedsageligt fra kultivering af ris, drøvtykning fra husdyr, afbrænding og nedbrydning af biomasse, kuludvinding og anvendelse af naturgas. Emissionerne fra det naturlige biologiske system kan influeres af menneskelige aktiviteter. Metan har til forskel fra carbondioxid en kort levetid i atmosfæren på ca. 10 år. Nuværende koncentrationer af metan er på ca. 1.72 ppmv, hvilket svarer til en koncentrationsstigning på ca. 100% sammenlignet med en før-industriel koncentration (Fenger et al., 1990). Lattergas udledes hovedsageligt via forbrænding og afbrænding af biomasse, samt naturlige udledninger fra jord. Levetiden for lattergas i atmosfæren er på ca. 150 år. Koncentrationen af lattergas i atmosfæren ligger ca. på 310 ppbv, hvilket er ca. 8% højere end i 1800-tallet (Fenger et al., 1990).

Emissionsniveauer af metan og lattergas kan for de nordiske lande ses i Tabel 3.8, hvor også niveauerne er konverteret til carbondioxid-ækvivalenter. I praksis vil det sige, at emissionerne af lattergas og metan er blevet konverteret til ækvivalent carbondioxid-emission for en tids-horisont på 100 år ved hjælp af effektivitetsfaktorer (global warming potentials) som angivet af IPCC.

Danmark står for den største udledning af både metan og lattergas, hvilket må ses som et resultat af et meget intensivt landbrug. De største udledninger fra de mere energisystem-mæssige sektorer sker fra raffinering (udvinding, opbevaring og fordeling af ressourcer) og transport sektorerne. De største og absolut mest betydende dele af emissionerne kommer imid-

lertid ikke fra energi-sektoren. Det kan derfor ikke forventes, at udledningerne af metan og lattergas vil mindskes betydeligt ved regulativer, der specifikt rettes mod carbondioxid-reduktion.

Tabel 3.8 Nordiske emissioner af metan og lattergas samt ækvivalent carbondioxid-emission i kilo ton pr. år (målt i 100-års-ækvivalenter).

	Metan, CH ₄ k tons pr. år	Ækvivalent CO ₂ for CH ₄ k tons pr. år	Lattergas, N ₂ O k tons pr. år	Ækvivalent CO ₂ for N ₂ O k tons pr. år
Danmark (1989)	953,9	10,5	25,1	6,8
Island (1990)*	20,0	0,4	0,9	0,3
Finland (1988)†	156,7	1,7	7,7	2,1
Norge (1990)	278,6	3,1	14,9	4,0
Sverige (1990)	459,0	5,1	15,0	4,1

* Der anvendes noget andre CO₂-ækvivalenter for Islands vedkommende.

† Kun udslip fra forbrænding, udvinding og forarbejdning af energi.

Kilde: Danmark - Fenger et al. (1990)

Finland - Ministry of Trade and Industry (1991)

Norge - Ministry of Environment (1993)

Sverige - Swedish Environmental Protection Agency (1991).

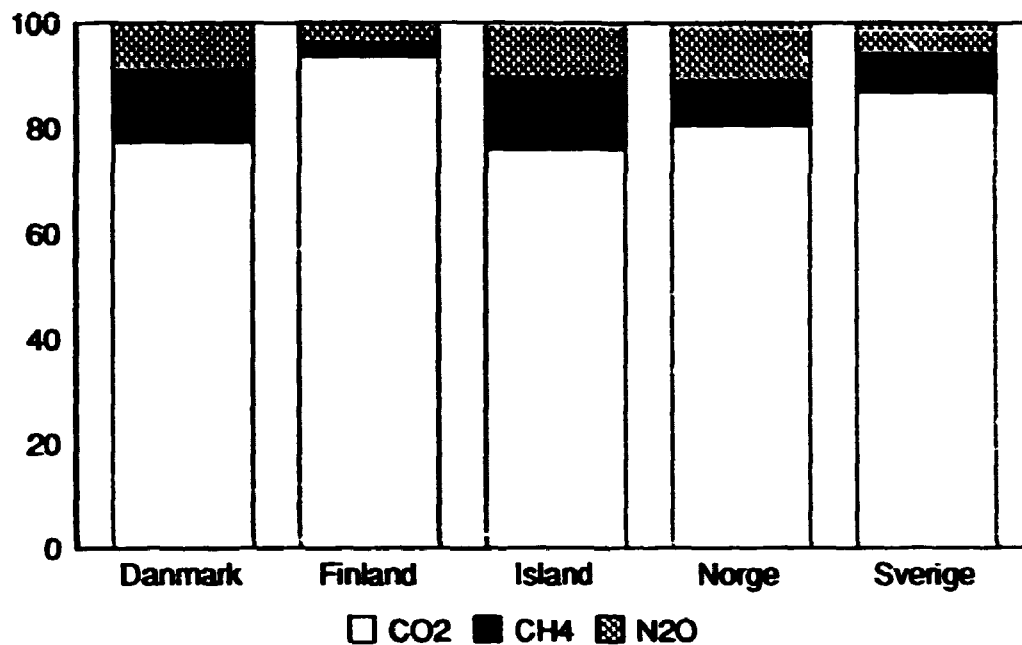
Island - Ministry of Industry / Ministry of Industry (1994)

Figur 3.6 viser den procentvise fordeling af carbondioxid, metan og lattergas i Nordens lande, såfremt disse opfattes som totalen af alle relevante drivhusgasser. For Finland skal det bemærkes at emissionerne af metan og lattergas er undervurderet, idet kun emissioner relateret til energi er medtaget.

Det kan ses, at blandt de tre udvalgte drivhusgasser er det carbondioxid, som giver langt den største drivhuseffekt. I Danmark er den procentvis lavest med 77%, mens den er oppe på 87% i Sverige. Der er lidt variation med hensyn til fordelingen af metan og lattergas. I Danmark udledes der meget mere metan end lattergas, når disse to drivhusgassers emissioner konverteres til ækvivalent carbondioxid-mængde. I Finland og Sverige udledes der næsten lige meget metan og lattergas, mens Norge har en lille overvægt til lattergassen i forhold til metanen på 11% mod 9%.

I de følgende kapitler refereres der kun til reduktion af carbondioxid-emissioner. Den væsentligste årsag til dette er, at de studier, der beskrives i næste kapitel, hovedsageligt fokuserer på CO₂-reduktion.

Procent



Figur 3.6 Den procentvise fordeling af CO₂, CH₄ og N₂O i de nordiske lande beregnet som carbondioxid ækvivalenter.

4 Fremskrivninger i de nordiske lande

Som det allerede er nævnt, er det af stor relevans for klimakonventionens krav og opnåelse af målsætninger, at de enkelte lande rapporterer deres forventninger til fremtidens udvikling af drivhusgasemissionsniveau. Sådanne rapporteringer er må nødvendigvis tage udgangspunkt i analytiske fremskrivninger af energiforbrug, behov, tekniske samt økonomiske muligheder for mere samfundsstrukturelle ændringer i fremtiden.

Dette kapitel søger at gennemgå nogle centrale studier foretaget i de senere år af ansete nationale nordiske institutioner. Herved er der en stor sandsynlighed for, at netop nogle af de overvejelser, som er lagt i studierne, vil ligge til grundlag for en egentlig implementerings strategi i klimaspørgsmålet. Det skal bemærkes, at studierne og fremskrivningerne, der henvises til, er forskellige i både natur og resultat. Der kan være mange årsager til dette. Dels skal det bemærkes, at der er forskelle på de metoder og værktøjer (matematiske modeller), som er anvendt i studierne. Der er typisk tale om, at der er brugt enten en bottom-up angrebsvinkel, hvor der er anvendt teknologianalyser og -modeller, eller en top-down angrebsvinkel, hvor der er lagt mere vægt på makroøkonomiske analyser og modeller. Derudover er der forskelle i de forudsætninger, som ligger til grundlag for modelberegningerne. Det kan skyldes, at der mellem de nordiske lande er forskel i økonomi, energisektorer, og dermed i regulerings- og substitutionsmuligheder. Men yderligere er der også forskel i den måde, hvorpå man betragter den tekniske udvikling og anvendelse af ikke-fossil brændsel i fremtiden - der er forskel i incitament for opstarten, anvendelsen og interesse for disse i fremtiden.

De studier, som refereres til i det følgende, har det tilfælles, at de fokuserer på de klimapolitiske målsætninger mere eller mindre direkte. Deraf følger, at de fleste studier fokuserer på omkostningerne ved visse tiltag. Studierne er derfor beskrevet ud fra ønsket om at sammenligne disse med hensyn til forudsætninger og omkostninger, som kan anvendes i de klimapolitiske forhandlinger. En mere sammensat sammenligning og vurdering foretages i kapitel 5.

Forskelle i for eksempel afgifter, der er relateret til en speciel drivhusgasemissionreduktion, som de er refereret til i kapitel 2 og her, skyldes, at de i kapitel 2 anførte afgifter er relateret til politiske målsætninger og tiltag, som allerede er indført, mens afgifterne i dette kapitel er relateret til fremtidige, analytisk bestemte afgifter.

4.1 Danske fremskrivninger

I de seneste år er der i Danmark udviklet forskellige modeller til beregning af omkostninger ved emissioner af drivhusgasser. Her er det valgt at beskrive to modelstudier: et bottom-up studie med Risøs BRUS-model i 1993, og et top-down studie udført af Det Økonomiske Råd ligeledes i 1993.

4.1.1 Et bottom-up studie

De nyeste danske fremskrivninger er af bottom-up typen og er lavet som en del af UNEP Greenhouse Gas Abatement Costing Studies. Fremskrivninger er taget fra dette projekts seneste rapport (UNEP, 1993) og er en opdatering af baggrundsregningerne til den danske regerings handlingsplan Energi 2000. Fremskrivningerne er foretaget med bottom-up modellen BRUS.

Modellen BRUS¹ er en langtidsscenarie model, som er udviklet af Forskningscenter Risø, Roskilde, Danmark, i forbindelse med udarbejdelsen af den danske regerings plan "Energi 2000". Dens tidshorisont går frem til 2030. En række arbejdsgrupper blev nedsat for at udarbejde et datagrundlag for modellen. Disse grupper vurderede udviklingen på begge sider af energimarkedet.

På efterspørgselssiden vurderedes udviklingen i energiforbruget pr. apparat samt potentialet for isolering af eksisterende og nye boligmasse. På udbudssiden vurderes udviklingen i el- og fjernvarmeproducerende teknologier. For hver teknologi blev udnyttelsen af et energibesparelses-potential forbundet med en omkostning.

På basis af dette data blev BRUS opbygget som en sum af adskillige mindre moduler. Modellen tager udgangspunkt i en fremskrivning med den danske makromodel ADAM. På basis af denne beregnes varmebehov og energiefterspørgsel fra husholdninger, industri og service (transport-sektoren er ikke inkluderet i BRUS). På basis af dette kan den endelige efterspørgsel efter energi beregnes. BRUS beregner nu på et detaljeret niveau, hvorledes denne efterspørgsel tilfredsstilles, og oversætter på denne måde endelig efterspørgsel til bruttoenergiforbruget. Til sidst kan CO₂-emissionerne beregnes på basis af bruttoenergiforbruget.

BRUS' samlede CO₂-analyse består af 15 scenarier: et basisscenarie, 11 partielle scenarier og 3 totale scenarier (herefter kaldet miljøforløbet). Basisscenariet er en fremskrivning af energisystemet, givet at ingen CO₂-reducerende tiltag sættes i kraft. I de partielle scenarier indføres kun et virkemiddel. Dette virkemiddels potentiale antages imidlertid at udnyttes fuldt ud.

¹ Flere detaljer om modellen og dens forudsætninger kan findes i Morthorst (1993).

Miljøforløbene opbygges som en vejet sum af flere partielle forløb, idet kriteriet for valg af de partielle forløb er, at den givne CO₂-begrænsning overholdes så billigt som muligt samtidig med at givne tekniske og politiske system-begrænsninger overholdes.

Den danske analyse forudsætter, at CO₂-reduktionen skal gennemføres ved en bred vifte af virkemidler omfattende tvungen tilslutning til fjernvarme- og naturgasnet, information, energikonsulenter, normer og afgifter. Implementeringsanalysen er dermed udført som en parallel aktivitet knyttet til specifikke teknologier og forbrugsektorer i modsætning til en makroøkonomisk analyse, som integreret behandler en CO₂-skat som det centrale virkemiddel.

Energi efterspørgslen er som nævnt eksogent knyttet op til en basisfremskrivning med Finansministeriets makroøkonomiske model ADAM. Der er ikke vurderet makroøkonomiske feed back-effekter af investeringer og ændrede energipriser som følge af reduktionsscenerierne. Det er i stedet forudsat, at basis- og miljøforløb i BRUS-modellen bygger på en konstant energitjeneste. Med konstant energitjeneste menes, at forbrugere og industri får leveret de samme serviceydelser som f.eks. køling, varme og lys, men disse leveres med et mindre bruttoenergi-forbrug på grund af effektive teknologier.

Med klimakonventionen har Danmark forpligtiget sig til at reducere CO₂-emissionerne med 20% i år 2005 (jf. kapitel 2). Som følge af dette indførte Danmark i 1992 en CO₂-skat på 100 DKK/ton CO₂² for husholdningerne og dele af industrien. Denne CO₂-skat er inkluderet i basisforløbet. Den væsentligste effekt af dette er, at væksten i den decentrale kraftvarme styrkes.

Basisforløbet er karakteriseret ved moderate energibesparelser, især med hensyn til elektricitet. Forsyningssystemet er baseret på kraftvarme og kulfyrede kraftværker. Kraftvarme anvendes i høj grad uden dog at nå kapacitetsgrænsen. Der forventes at være bygget 1000 MW decentrale små kraftvarmeværker i år 2005. Disse værker fyres hovedsageligt med naturgas. Herudover er det inkluderet i basisforløbet, at regeringen har besluttet, at fjernvarmeværker enten skal fyres med biomasse eller ombygges til naturgasfyrede kraftvarmeværker. Vindenergi antages at følge den historiske trend og således nå 1000 MW installeret effekt i år 2005.

Tabel 4.1 viser forskellige nøgleparametre for forudsætningerne af de forskellige scenario fremskrivninger udført med BRUS. Fremskrivningerne er repræsenteret ved vækstprocenter for de to tidsmæssige perioder 1992-2005 og 2005-2030.

I basisforløbet forventes efterspørgslen efter energi at vokse med 0.3% årligt i perioden 1992-2005 og 0.2% i perioden 2005-2030. Sektorvis er der forudsat en betydeligste vækst på 1.1% årligt for efterspørgslen, mens en

² De 100 DKK/t CO₂ er fremkommet ved at omregne carbondioxid indholdet af afgifterne, der er opremset i afsnit 2.3.1.

Tabel 4.1 Vækstrater i nøgleparametre i de forskellige fremskrivningsforløb, som udregnet med BRUS.

	Basisforløb 1992-2005	Basisforløb 2005-2030	Miljøforløb 1992-2005	Miljøforløb 2005-2030
BNP	1,3%	2,3%	1,3%	2,3%
Endeligt energiforbrug	0,3%	0,2%	-0,2%	-0,1%
Energi/BNP	-1,0%	-2,1%	-1,5%	-2,4%
CO ₂ -emissioner	-0,6%	-0,5%	-2,1%	-1,3%
CO ₂ /Energi	-0,9%	-0,7%	-1,9%	-1,2%

Kilde: Morthorst (1993).

vis stagnation forventes for rumopvarmning og transportsektorerne.

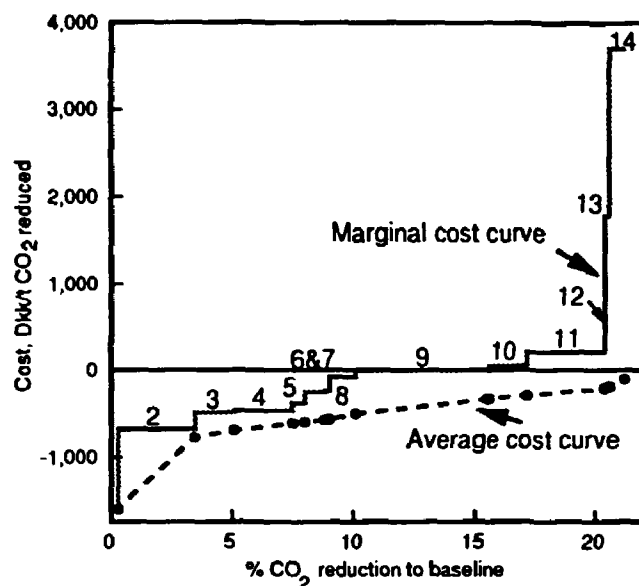
I dag udgøres 48% af rumopvarmningen af fjernvarme. Denne andel antages at vokse i basisforløbet til 53% i år 2030. Kraftvarmeproduktion udgør i dag 60% af fjernvarmen. Denne andel forventes at stige kraftigt til 90% i år 2005. Naturgassens andel stiger fra 11% i dag til 15% i år 2005.

I miljøforløbet for 1992-2005 indføres 14 CO₂-reducerende tiltag:

1. Tilslutning til naturgasnet
2. Tilslutning til fjernvarmenet
3. Elbesparelser i husholdningerne
4. Elbesparelser i servicesektoren
5. Forøget anvendelse af kraftvarme
6. Energibesparelser i industrien
7. Energibesparelser i landbruget
8. Combined cycle - naturgas (300 MW)
9. Produktion af gas fra biomasse (650 MW)
10. Vindturbiner (900 MW)
11. Decentral kraftvarme. Biomasse.
12. Solceller til varmt vand.
13. Isolering i kontorbygninger.
14. Isolering af beboelsesejendomme.

For hver af disse tiltag er det for den givne tidshorisont vurderet hvor store CO₂-reduktioner, der er realistisk at gennemføre. I Figur 4.1 ses tiltagene sorteret efter de beregnede marginale samfundsøkonomiske omkostninger målt i DKK/ton CO₂.

Det ses, at en betydelig CO₂-reduktion på 3.3% af 2005-emissionerne kan opnås ved forøget tilslutning til fjernvarme. Det vurderes, at en sådan tilslutning vil udgøre en nettofordel for de implicerede, således at de marginale omkostninger er negative. Hovedårsagen til, at omkostningerne ved større tilslutning til fjernvarme er så små, er, at de store initiale investeringer er udført. Noget lignende gælder for tilslutning til naturgasnettet. Nettet er lagt, og omkostningerne består derfor kun af tilslutningsomkostninger.



Figur 4.1 Beregnede marginale omkostninger for tiltag i miljøforløbet for perioden 1992-2005. Omkostningerne er udtrykt i 1980-DKK/ton fjernet CO₂ (Kilde: Morthorst, 1993).

Elbesparelser i husholdninger og service vurderes til at kunne reducere 2005-emissionerne med tilsammen 3.3%. I husholdningerne er besparelser inden for belysning og køling de mest lovende, og i servicesektoren er belysning og ventilation de mest lovende. De elbesparende investeringer vurderes til at være klart rentable således, at der er negative marginale omkostninger.

Energibesparelser i industri og landbrug forventes at føre til en beskeden reduktion på 1% af 2005-emissionerne. Det totale besparelspotentiale kunne føre til en reduktion på 8.5%, men det antages, at kun 5% af elbesparelspotentialet udføres, og at 25% af potentialet for besparelser i fast og flydende brændsel gennemføres. Antagelsen af den lave gennemførelsesprocent for elbesparelser skyldes en historisk tendens i Danmark til at energibesparelserne hovedsageligt ligger på fast og flydende brændsel, og kun i ringe grad på el.

I elsystemet antages det, at der allerede i 2005 kan indføres en del nye teknologier, der giver en betydelig reduktion af emissionerne. Naturgasfyret combined cycle, biogasifikation og vindenergi kan til omkostninger, der ligger tæt på tilsvarende kulfyrede kraftværker, reducere emissionerne med tilsammen 9.6%.

Ovenstående CO₂-reducerende tiltag indebærer et fald i den endelige energiefterspørgsel i år 2005 på 6% i forhold til basisforløbet. Industriens energiforbrug reduceres 3%, og husholdningernes forbrug reduceres 15%.

De gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostninger er beregnet til -100 1980-DKK/ton reduceret CO₂ (svarende til at de samlede samfundsøkonomiske omkostninger beløber sig til ca. -1.1 mia. 1980-DKK). Det er

med andre ord muligt at reducere emissionerne i 2005 med 21% på en sådan måde, at samfundet oplever et økonomisk overskud.

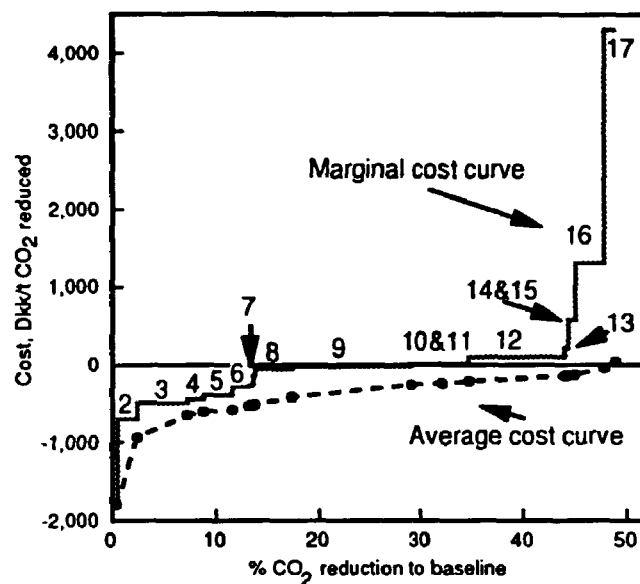
Den centrale årsag til, at dette er muligt, er, at forsyningssystemet kan omstruktureres ved hjælp af stort set konkurrencedygtige teknologier således, at emissionerne reduceres med ca. 14% af 2005-niveauet. Naturgasnettet og fjernvarmenettet ligger klar til udvidet tilslutning, og flere nye teknologier forventes at have omkostninger, der ligger tæt på kulfyret kraftvarme.

Det er muligt at skønne over den CO₂-skat, forsyningssystemet skulle belastes med, for at gennemføre hele reduktionen på 14%. Betragtes Figur 4.1 igen, ses det, at reduceringsfaktor nr. 11 (biomassefyret decentral kraftvarme) er den udbudsfaktor, der har de højeste marginale omkostninger. Den marginale omkostning ved at indføre denne faktor er beregnet til 300 1980-DKK/ton CO₂. En CO₂-skat på 300 DKK/ton CO₂ ville derfor mindst føre til 14% reduktion i år 2005. Hertil skal lægges de reduktioner en CO₂-skat på 300 1980-DKK/ton vil bevirke på efterspørgselssiden³.

I Figur 4.2 ses den marginale omkostningskurve for år 2030. De CO₂-reducerende faktorer sorteret efter marginale omkostninger er:

1. Tilslutning til naturgasnet
2. Tilslutning til fjernvarmenet
3. Elbesparelser i husholdninger
4. Forøget anvendelse af kraftvarme
5. Elbesparelser i servicesektoren.
6. Energibesparelser i industrien
7. Energibesparelser i landbruget
8. Combined cycle - naturgas (1000 MW)
9. Produktion af gas fra biomasse (1500 MW)
10. Vindturbiner (1100 MW)
11. Central naturgasfyret kraftvarme (3500 MW)
12. Decentral kraftvarme. Biomasse
13. Solceller til varmt vand
14. Isolering af kontorbygninger
15. Elproduktion fra solceller (350 MW)
16. Brændselsceller (1400 MW)
17. Isolering i beboelsesejendomme

³ 300 danske 1980-kr. (DKK) svarer til ca. 530 danske 1990-kr.



Figur 4.2 Marginale omkostninger ved reduktioner som ligger til basis for miljøfremskrivningen for perioden 2005-2030. Omkostningerne er udtrykt ved 1980-DKK/tons fjernet CO₂. (Kilde: Morthorst, 1993)

Som det er gældende for perioden 1992-2005, er det omstruktureringer af forsyningssystemet, der giver de største reduktioner. Forsyningssystemet giver alene anledning til en reduktion på knapt 40% af basisforløbet. Den væsentligste faktor på udbudssiden er biogasifikation (11.6% reduktion) fulgt af decentral biomasse. Reduktionsfaktor nr. 16 (brændselsceller) er den forsyningsteknologi, der har den højeste marginale omkostning på ca. 1200 DKK/ton CO₂ (heri udgør cirka halvdelen systemomkostninger i forbindelse med indpasning af cellerne i energisystemet). En CO₂-skat på 1200 1980-DKK/ton ville derfor indebære en implementering af hele det beskrevne reduktionspotential. Skatten kunne imidlertid reduceres betydeligt uden, at reduktionerne påvirkedes særligt meget. Ved en CO₂-skat på ca. 300 1980-DKK/ton ville reduktionsfaktor 12 (decentral kraftvarme - biomasse) være rentabel. Som det ses af Figur 4.2, påvirker det kun CO₂-reduktionerne med ca. 5% af basisemissionerne.

4.1.2 Et top-down studie

Det Økonomiske Råd (DØR) opbyggede i 1993 modellen GESMEC til vurdering af de makroøkonomiske effekter af en 20% reduktion af de danske CO₂-emissioner i forhold til 1988. GESMEC står for General Equilibrium Simulation Model of the Economic Council, og som navnet indikerer, bygger modellen på generel ligevægtsteori. Detaljer om GESMEC kan findes i Frandsen m.fl. (1993) samt i Det Økonomiske Råd (1993).

Modellen er implementeret for året 2005 og tager som udgangspunkt, at CO₂-emissionerne i 2005 uden indgriben ville vokse med 5% i perioden 1988-2005. Som følge af dette beregnes det hvilken CO₂-afgift, der skal til, for at reducere emissionerne med 20% (som forpligtet ved Klima-konventionen) + 5% = 25% i år 2005. Disse forudsætninger svarer til forudsæt-

ningerne i Energi 2000. Den beregnede skat er 300 DKK (i 1990-værdier)/-ton CO₂.

Det antages, at CO₂-skatten pålægges husholdningerne og industrien. Energiforsyningssystemet er fritaget for skatten således, at forsynings-systemets sammensætning er den samme i år 2005 som i basisåret. Hele reduktionseffekten stammer derfor fra ændringer i energiefterspørgslen.

Vi så i sidste afsnit, at forsyningssektoren ifølge bottom-up analysen kunne reducere de danske emissioner med 13% i 2005. Dette krævede imidlertid en CO₂-skat på 530 1990-kroner - hvilket er mere end GESMEC's skat på 300 DKK/ton. Det kan beregnes ud fra den marginale omkostningskurve i Figur 4.1 fra sidste afsnit, at en CO₂-skat på 300 DKK/ton vil gøre en reduktion på 9.6% af referencen rentabel. De to analyser set under ét argumenterer altså for, at en CO₂-skat på 300 1990-DKK/ton kan reducere de danske CO₂-emissioner i 2005 med 30-35% i forhold til referencen.

I DØR's analyse vurderes effekten af en isoleret dansk indsats og en international aftale. En oversigt over disse aftaler kan ses i Tabel 4.2, hvor vækstprocenterne for aftalerne er specificeret for specielle nøgle parametre.

Tabel 4.1 De danske virkninger af en international koordineret CO₂-afgift kontra isoleret dansk CO₂-afgift, afvigelse i forhold til 1989, pct.

	Koordineret aftale	Isoleret dansk afg.
Værditilvækst (BFI)	-0.3	-0.4
Privatforbrug	-0.3	-1.0
heraf energivarer	-14.8	-15.3
investeringer	-2.0	-2.1
Kapitalmængde	-0.7	-1.0
Produktionsmængde	-1.1	-1.1
Vare- og tjenestebalance, pct. af BFI	0.0	0.2
Arbejdsproduktivitet	-0.8	-0.8
Realløn	-1.3	-1.4
Konkurrenceevne	-0.1	-0.4

Kilde: Det Økonomiske Råd (1993).

Ved en isoleret indsats reduceres BFI med 0.4%, og det private forbrug reduceres med 1%. Ved en international, koordineret aftale reduceres BFI 0.3%, og det private forbrug reduceres 0.3%. BFI-tabet er nogenlunde det samme i de to analyser, mens der er en vis afvigelse i forbrugstabet. Dette skyldes, at konkurrenceevnen forværres mest ved en isoleret indsats, idet CO₂-skattens omkostningsforøgende effekt kun rammer indenlandsk.

Overordnet må det konkluderes, at effekten på den danske økonomi er lille og at forskellen mellem en isoleret indsats og en international aftale er ret besked.

Årsagen til, at Danmark rammes relativt lidt af en CO₂-skat, er den lave energiintensitet. I 1989 var den mest energitunge sektor "byggesektor-leverandører", idet energiomkostningerne udgjorde 4.2% af den samlede produktionsværdi. For alle andre industrisektorer lå denne procent under 3%.

I Norge, Finland og Sverige findes sektorer, der både er energitunge og eksporttunge. Sådanne sektorer er specielt sårbare overfor energi-beskatning. Det er derfor at forvente, at den danske industri er mindre påvirkelig af en CO₂-skat end de andre nordiske lande.

4.2 Finske fremskrivninger

4.2.1 Teknisk orienteret analyse I

I rapporten "Greenhouse Gas Emissions Related to Energy Production and Consumption in Finland" (Ministry of Trade and Industry, 1991) søger man at vurdere den effekt teknologiske fremskridt i forsyningssektoren har på de fremtidige CO₂-emissioner. Analysen kan betragtes som partiel, idet den ikke søger at inddrage alle muligheder for at reducere CO₂. Analysen er alligevel interessant, idet den belyser betydningen af modelantagelser vedrørende fremtidige energiforsyningsteknologier. I basisforløbet antages forsyningssystemets teknologi på langt sigt at blive udskiftet med de i dag bedste teknologier. I det alternative forløb (kaldet ADVANCED) indføres skønnede fremtidige teknologier, der har højere effektiviteter, end vi kender i dag. Det vurderes, at fremtidige teknologier vil kunne reducere de finske CO₂-emissioner i 2025 med 25.9% i forhold til basisforløbet.

Modellens grundlæggende energiprognose er taget fra de officielle energifremskrivninger i "Finish Energy Economy up to 2025" (Ministry of Trade and Industry, 1990). Energiprognoseernes udgangspunkt er faldende vækstrate i BNP, fra 2.9% om året i perioden 1988-2000, over 2.0% i perioden 2000-2010 til 1.5% i perioden 2010-2025. Dette svarer til en gennemsnitlig vækstrate på 1.8% i hele perioden 1988-2025. Den finske økonomis struktur forventes at ændre sig en del i den betragtede periode. Dette skyldes især faldende rådighed over indenlandsk træ. Papir- og papirmassesektoren er meget stor i Finland (står for ca. 25% af det samlede energiforbrug). Adgangen til relativt billigt træ er derfor en betingelse for en bibeholdelse af den nuværende industristruktur.

I basisfremskrivningen af energiefterspørgslen i "Finish Energy Economy up to 2025" antages det, at der ikke i fremtiden udføres tiltag for at styre efterspørgslen. De energiskatter, der var gældende i 1990, antages at gælde i hele forløbet. Der foretages en bottom-up vurdering af den fremtidige tekniske udvikling, der vedrører husholdningerne og industrien.

Tabel 4.3 viser energiefterspørgslen, som den antages at være i Finland i 1988 og 2025 under forudsætning af fri vækst i energiefterspørgslen i perioden. Den endelige efterspørgsel efter energi forventes at vokse med 0.5% årligt frem til 2025. I samme periode vokser BNP med 1.8%, således

at energiintensiteten falder med $1.8\% - 0.5\% = 1.3\%$ årligt. Som følge af en vækst i efterspørgslen efter elektricitet på 1.4% om året vokser elandelen fra 23.8% i 1988 til 33.8% i 2025. Fjernvarmeandelen forventes at vokse fra 9.4% til 12.0% i perioden.

Tabel 4.2 Endeligt energiforbrug i basisfremskrivningen opdelt på forskellige sektorer (Mtoe).

Energiforbrugende sektor	1988 (Mtoe)	2025 (Mtoe)
Industri	9,3	12,0
Rumopvarmning	5,1	4,9
Transport	3,8	3,7
Andet	2,5	3,9
I alt	20,7	24,5

Kilde: Ministry of Trade and Industry (1991).

På forsyningssiden spiller kernekraften og gasnettet væsentlige roller. Muligheden for udvidelse af kernekraften i Finland er blevet debatteret en del, og en egentlig udfasning af kernekraft syntes på nuværende tidspunkt ikke sandsynlig i Finland. Finland har i dag en betydelig import af naturgas fra Rusland. Naturgasnettet findes kun i den sydlige del af landet. Det vurderes som teknisk muligt at mere end 10-doble det finske naturgasforbrug i forhold til 1988. Dette ville kræve en betydelig udvidelse af gasnettet, og sandsynligvis også en forbindelse til norsk naturgas.

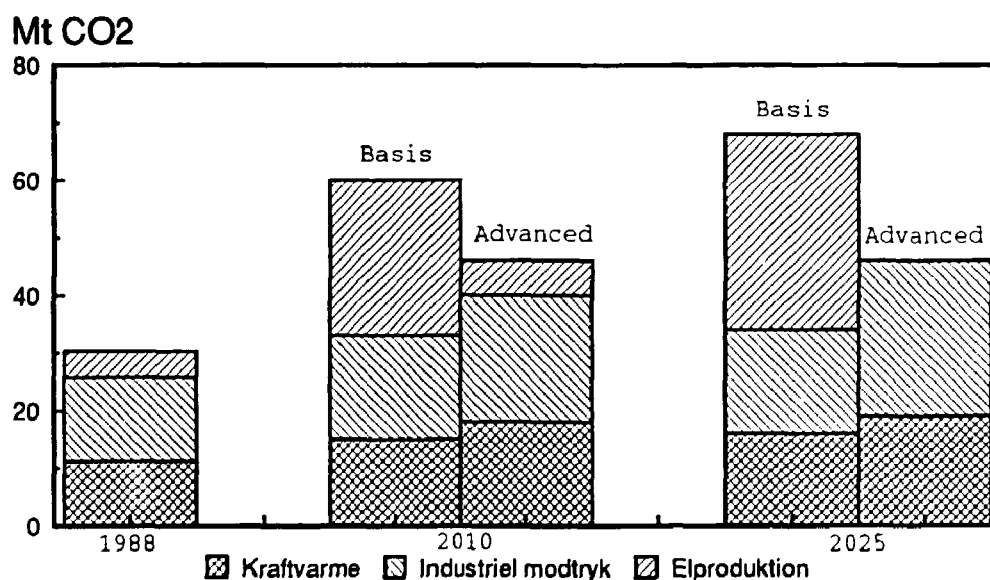
I de her beskrevne forløb antages det, at kernekraften bibeholder på sit nuværende niveau, og at naturgasnettet udvides til det vestlige Finland, hvorved naturgasforbruget næsten 3-dobles. Det forventes, at den relativt kraftige vækst i elforbruget i høj grad dækkes ved udbygning af kul-kondens. Resultatet er mere end en 3-dobling af kulforbruget. Som følge af dette stiger CO₂-emissionerne i den betragtede periode med 63%.

Som nævnt adskiller det alternative forløb ADVANCED sig kun fra basisforløbet ved udviklingen i forsyningssystemets teknologier. For kondenskraft baseret på kul, tørv og olie antages elvirkningsgraden i et nyt værk at vokse fra 43% i perioden 1990-2000 til 55% i år 2025. Elvirkningsgraden for naturgasbaseret kondenskraft vokser fra 50% i 1990-2000 til 60% i 2025. I relation til kraftvarmeproduktion skelnes mellem industriel modtryksproduktion og central kraftvarmeproduktion. For kul og tørv sker den industrielle produktion i 1990-2000 med et kraft/varmeforhold på 0.4 (den såkaldte Cv-værdi), mens den centrale produktion sker med et kraft/varmeforhold på 0.7. Denne forskel antages at forsvinde på langt sigt, således at kraft/varmeforholdet i 2025 er 1.0 for begge værkstyper. Ved naturgasbaseret kraftvarmeproduktion antages kraft/varmeforholdet at vokse fra 1.1 i 1990-2000 til 1.3 i år 2025.

Tabel 4.3 Bruttoenergiforbrug fordelt på brændsler.

	1988	2025
Olie	9,5	6,8
Naturgas	1,4	3,5
Kul	3,5	11,1
Tørv	1,0	2,6
Anden indenlandsk	4,4	5,2
Kernekraft	4,6	4,4
Vandkraft	3,3	3,2
Elimport	1,9	2,4
I alt	29,6	39,2

Kilde : Ministry of Trade and Industry (1991).



Figur 4.3 CO₂-emissioner i forløbene BASIS og ADVANCED, fordelt på kraftvarmeproduktion, industriel modtryksproduktion og elproduktion.

På basis af ovenstående antagelser beregnes det, at Finlands samlede elforbrug i 2025 kan dækkes ved kombineret kraftvarmeproduktion. Dette, samt det lavere brændselsbehov på grund af højere effektivitet, reducerer CO₂-emissionerne i 2025 fra varme- og elproduktion fra 85 Mt til 63 Mt CO₂, svarende til 32,4%. Set i forhold til de samlede CO₂-reduktioner svarer dette til en reduktion på 25,9% relativt til basisforløbet.

4.2.2 Teknisk orienteret analyse II

I Lettila og Pirila (1993) beskrives et bottom-up studie, hvor effekten på det finske energisystem af forskellige energi- og CO₂-skatter analyseres. Analysen udføres ved hjælp af optimeringsmodellen EFOM, der er udviklet i EU-regi.

I EFOM-modellen tages der udgangspunkt i en eksogent givet udvikling i efterspørgslen efter energi. Modellen beregner, hvorledes denne efterspørgsel tilfredsstilles så billigt som muligt. Der er både en udbudsside og en efterspørgselsside i modellen. På udbudssiden giver modellen en meget detaljeret beskrivelse af forsyningssystemets opbygning. På efterspørgselsiden er der indarbejdet en vurdering af energieffektiviseringspotentialerne i husholdningerne og de mest energiintensive industribrancher. I lighed med f.eks. den danske BRUS-model påvirkes energitjenesten ikke af evt. miljøtiltag. Modellen giver derfor en vurdering af hvor meget CO₂, der kan reduceres uden at påvirke økonomiens overordnede aktivitetsniveau.

Den finske EFOM-model adskiller sig fra andre EFOM-modeller ved at være i stand til at beregne effekten af en CO₂-skat. Normalt optimerer modellen det samlede system ved at minimere systemets totale omkostninger. I den finske version er CO₂-skatteprovenuet inkluderet i de totale omkostninger, og systemet bliver derfor optimeret på basis af priser der inkluderer CO₂-skatten.

Vi vil her koncentrere os om det af de beskrevne forløb, der giver anledning til de største CO₂-reduktioner og som (i lighed med analysen i afsnit 4.2.1) antager, at kernekraften bibeholdes på det nuværende niveau. I dette forløb antages det at der indføres en kombineret energi- og CO₂-skat. Målt pr. enhed CO₂ kan denne skat beregnes til ca. 350 danske 1990-kroner pr. ton CO₂. Det vurderes, at denne skat i 2020 bevirker en reduktion i CO₂-emissionerne på 38% relativt til basisforløbet. Dette svarer til en stabilisering af emissionerne i forhold til 1990.

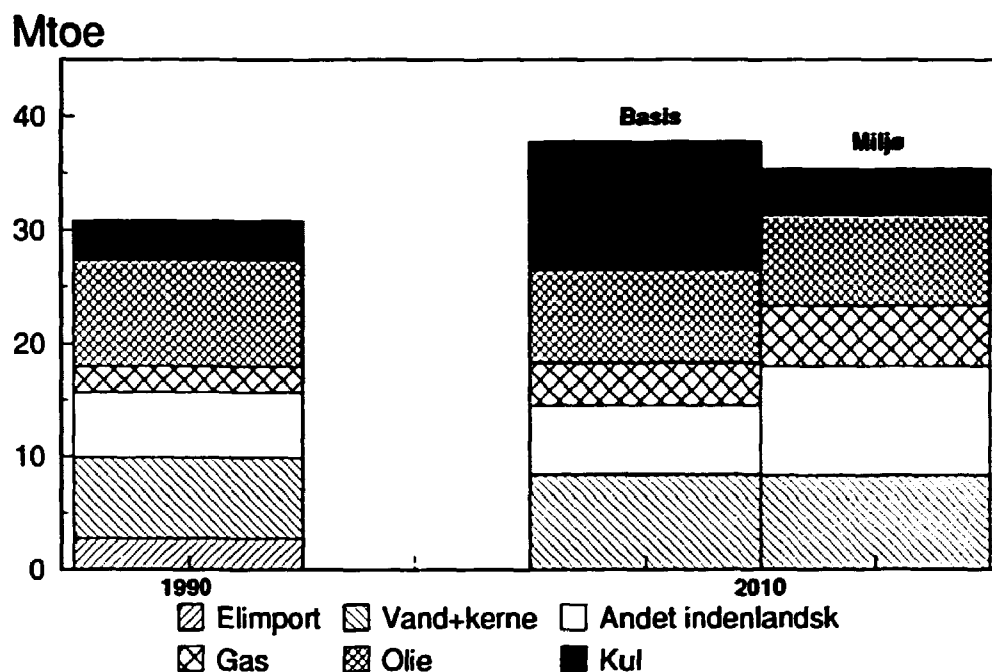
Forudsætningerne bag fremskrivningen adskiller sig fra analysen i afsnit 4.2.1 i kraft af, at der er benyttet en nyere energiprognose (Handel og Industriministeriet, 1992). Denne adskiller sig især ved højere overordnet vækst. Den gennemsnitlige årlige vækstrate i BNP forventes at blive 2.4%, idet vækstraten er 2.7% i perioden 1992-2000 og 2.3% i perioden 2000-2020. Bruttoenergiforbruget forventes i basisforløbet at vokse med en årlig gennemsnitlig vækstrate på 0.8% i perioden 1990-2020. Som i analysen fra sidste afsnit indebærer den hastigt voksende efterspørgsel (vækstrate på 1.9% i perioden 1990-2010) en betydelig udbygning af kulkondens. Frem mod 2020 forventes der at ske mere end en 3-dobling af anvendelsen af kul, og næsten en fordobling i anvendelsen af gas.

I miljøforløbet reduceres energiforbrugets årlige vækstrate til 0.5%, svarende til en beskeden reduktion i bruttoenergiforbruget på ca. 8% i forhold til basisforløbet. Den væsentligste årsag til emissionsreduktionerne er ændringer i bruttoenergiforbrugets sammensætning. I forhold til basisforløbet sker der i 2010 en stigning på ca. 40% i anvendelsen af naturgas, en stigning i anvendelsen af biomasse på ca. 60% og et kald i anvendelsen af kul på ca. 64%.

Tabel 4.4 Vækstrater.

1990-2020	Basis	Miljø
BNP	2,4%	2,4%
Bruttoenergi	0,8%	0,5%
CO ₂ -emissioner	1,6%	0,0%
Bruttoenergi/BNP	-1,6%	-1,9%
CO ₂ /bruttoenergi	0,8%	-0,5%

Kilde: Lehtila and Pirila (1993).



Figur 4.4 Bruttoenergiforbrug i 1990 og 2010. Basis og miljøforløb.

CO₂-skatten forventes ikke at bremse den kraftige vækst i elforbruget. Elproduktionen forventes kun at falde ca. 6% i forhold til basisforløbet. Reduktionerne skyldes i højere grad at kraftvarmeandelen af den producerede el vokser fra 27% i 1990 til 34% i 2010. CO₂-skatten gør det rentabelt at indføre den relativt dyre men meget effektive combined cycle-teknologi. Denne antages at være gasfyret i forbindelse med fjernvarme, og biomassefyret ved industriel modtryksproduktion (IGCC).

4.2.3 Makro-økonomisk analyse

En makroøkonomisk analyse er efterfølgende foretaget med FMS-delsystemet (Finnish long-term Model System) (Mäenpää og Ellison, 1993). Alternative CO₂-skattescenarier er beregnet for år 2000 for en isoleret finsk indsats og en international aftale (Pirila og Tamminen, 1993).

FMS modellen er en langsigtet generel ligevægtsmodel. Den langsigtede ligevægt bestemmes under forudsætning af generel ligevægt, optimal

forbrugeradfærd, og "steady-state" vækst. Modellen bygger teoretisk på post-keynesiansk vækstteori.

På disaggregeret niveau indeholder modellen 30 produktionssektorer, 23 forbrugskategorier og 13 energiarter. Tidshorisonten strækker sig fra 1990 til 2030 med mellemrangeringsår i år 2000 og 2010.

I det følgende refereres resultaterne af en scenarieberegning, som skønnes at være en centralt sammenligningsgrundlag i forhold til analyserne for de andre nordiske lande.

Analysen omfatter perioden 1990 til 2010, BNP antages at vokse 2.4% årligt. Dette er den samme vækstrate som i EFOM-studiet fra sidste afsnit.

Et reduktionsscenarie er defineret ved følgende:

En skat svarende til ca. 152 FM pr. tons CO₂ indføres. Denne skat analyseres som en isoleret national skat og som en ensartet international skat. To alternative recirkulationsprincipper for skatten analyseres:

- kompensation i husholdningernes beskatning.
- kompensation i arbejdsgivernes socialforsikringsbidrag.

Det er i referencescenariet såvel som i reduktionsscenariet forudsat, at alle energieffektiviseringer med en intern rente på 10% er implementeret. Dette svarer til, hvad man i mange analyser vil kalde "det samfundsøkonomisk rentable besparelspotentiale". Sammenlignet med "et privatøkonomisk rentabelt besparelspotentiale" er det samfundsøkonomiske et optimistisk skøn, da man privatøkonomisk ofte vil kræve en intern rente i størrelsesordenen 30%. Denne "optimistiske" forudsætning bag referencescenariet vil give en tendens til relativt høje reduktionsomkostninger.

I den nationale skattecasse, nås der en ca. 5% CO₂-reduktion i år 2000 svarende til et BNP tab på mellem 0.5 og 0 procent.

I den internationale skattecasse opnås en lille CO₂ reduktion på 3.2-3.4% i år 2000 for et BNP tab på 0.1%, og en CO₂-reduktion på 17.6% i år 2010 mod et BNP tab på 1.3%.

Disse CO₂-reduktioner skal ses på baggrund af, at en stabilisering på 1990-niveau med det givne referencescenarie vil svare til en CO₂-reduktion på 28% i år 2000 og 44% i år 2010.

4.3 Norske forventninger

Statistisk Sentralbyrå har gennemført et projekt Klima, Økonomi og Tiltak (KLØKT) til den interdepartementale klimagruppe, hvis forslag og udredninger ligger til grund for Norges klimapolitik. Projektet har fokuseret på at analysere og identificere mulige sammenhænge mellem økonomisk

udvikling i Norge og norske luftemissioner under forskellige forudsætninger om klimapolitik. Idet projektet ligger som basis for Norges officielle holdninger til Konventionen, vil præsentationen af Norges fremskrivninger være begrænset til netop dette studium. Flere detaljer kan findes i Moum (1992).

Den samlede analyse er bygget op omkring de to økonomiske top-down modeller MODAG og MSG. Der gives her en relativt grundig beskrivelse af analysen, idet metoder og problemstillinger i top-down sammenhæng illustreres glimrende gennem det norske eksempel. MODAG er en makroøkonomisk model beregnet til korte og mellemlange fremskrivninger. Modellen benyttes til at fremskrive den norske økonomi til år 2000. MSG er en generel ligevægtsmodel der er beregnet til lange fremskrivninger. Denne model benyttes til de videre fremskrivninger i perioden 2000-2025. Den væsentligste forskel mellem de to modeller består i, at hvor MODAG tillader visse trægheder i økonomiens tilpasningsprocesser, antager MSG fuld tilpasning på alle markeder.

Tabel 4.6 giver en oversigt over centrale variable (repræsenteret i vækstrater) i referencescenarierne, som de har været ifølge historisk data, og som de fremskrives ved MODAG's mellemlange beregninger respektiv ved MSG's langsigtede beregninger.

Tabel 4.5 Vækstrater i referenceforløbet.

	Historie 1978-1988	MODAG 1988-2000	MSG 2000-2025
BNP	3,2	2,0	1,7
Privat forbrug	2,4	2,2	2,2
Offentligt forbrug	3,6	2,2	1,8
Bruttoinvesteringer	2,5	1,4	1,4
Eksport	3,6	3,9	1,9
Import	2,3	3,7	2,4
CO ₂	0,6	1,7	1,8
Energiforbrug	-	1,1	1,5
Energi/BNP	-	-0,9	-0,2
CO ₂ /energi	-	0,6	0,3

Kilde: Moum (1992), SFT (1990).

I det samlede referenceforløb er der antaget en vis beskatning fra 1991 af fossile brændsler. Derudover antages det ikke, at der gøres nogle tiltag for at reducere CO₂-emissionerne. Det forventes, at Norge frem til år 2000 vil forbedre sin position overfor udlandet, idet den voksende olieeksport forventes at kunne sælges til en pris, der vokser hurtigere end importprisen. Norge vil frem mod århundredeskiftet kunne tilbagebetale sin udlandsgæld fuldstændigt og således gå det nye århundrede i møde med positive nettofordringer overfor udlandet. Væksten i BNP forventes i perioden at være på 2%, og væksten i det private forbrug forventes at være på 2.2%.

Sammenlignes vækstraten i BNP og forbrug for perioden 1978-1988 med de to fremskrivninger, ses disse at være noget lavere. Dette skyldes især, at udviklingen i olieproduktionen antages at falde fra en årlig vækstrate på 11.2% i perioden 1978-1988 til 3% i perioden 1988-2000.

4.3.1 Mellemlange fremskrivninger for Norge

På mellemlangt sigt er der toretaget to fremskrivninger med MODAG. I den ene vurderes effekten af en national stabilisering af de norske CO₂-emissioner i år 2000. Det antages i dette tilfælde, at Norge udfører stabiliseringen isoleret. I den anden fremskrivning antages Norge at være med i en international klimaaf tale, der tilsiger Norge at pålægge økonomien en CO₂-afgift på 600 NOK/ton.

For de fleste lande ville en sammenligning af sådan to fremskrivninger vise, at inddragelsen i en international klimaaf tale er bedre end en isoleret indsats. Dette gælder ikke entydigt for Norge, idet den internationale af tale viser sig at medføre et større forbrugstab end den isolerede indsats. Dette skyldes Norges store afhængighed af det internationale oliemarked.

I fremskrivningen, hvor Norge antages at stabilisere CO₂-emissionerne isoleret, beregnes den CO₂-skat, der er nødvendig for at opnå stabiliseringsmålsætningen. Resultatet er en skat på ca. 800 DKK/ton CO₂. Skatten fases ind i perioden 1992-94 og antages derefter at være konstant. Skattesystemet ændres således, at de samlede skatter holdes nogenlunde konstant set i forhold til referenceforløbet. Dette gøres ved at sænke indkomstskatten med ca. 1 procentpoint, sænke arbejdsgiverbidraget med ca. 1.5 procentpoint og ved at lade den eksisterende beskatning af oliesektoren falde svarende til sektorens samlede CO₂-skat. Oliesektoren står for ca. 20% af de samlede norske emissioner, og ville derfor i modsat fald blive ramt hårdt af en CO₂-skat. Derudover skal det nævnes, at offentlig trafik subsidieres yderligt i stabiliseringsforløbet, idet betydelige reduktioner kan opnås ved en satsning på kollektiv trafik.

Et væsentligt element i fremskrivningen af det nationale energiforbrug er antagelser om hastigheden, hvormed energieffektiviseringer sker. Det skal derfor skitseres, hvorledes dette aspekt modelleres i MODAG-kørslerne.

Det antages i MODAG, at en vis årlig energieffektivisering sker eksogent - dvs. at de enkelte sektors energiforbrug falder med en given årlig eksogen vækstrate selv i den situation, hvor de relative priser er konstante over tid. Vurderingen af disse vækstrater (ofte kaldt AEEI'er) tager udgangspunkt i 2 undersøgelser fra 1988⁴, i hvilke "energiøkonomiseringspotentialet" i år 1987 vurderes for adskillige norske industrisektorer. Det vurderes i disse undersøgelser, hvor mange procent af det aktuelle energiforbrug, der kunne spares ved rentable investeringer. Disse investeringer opdeles i samfundsøkonomisk rentable investeringer og privatøkonomisk

⁴ Fredriksen et. al. (1988) og Pedersen og Fauske (1988).

rentable investeringer. Det samfundsøkonomiske energiøkonomiserings potentiale ligger typisk omkring 10-20% af energiforbruget, mens det privat-økonomiske energiøkonomiseringspotentiale ligger på 4-10% af energiforbruget. I referenceforløbet antages det, at kun det privat-økonomiske potentiale realiseres. I de to alternative beregninger (national stabilisering og international aftale) antages det, at hele det samfundsøkonomiske potentiale realiseres. I begge tilfælde antages det, at potentialerne indføres gradvist således, at de er helt gennemført i år 2000.

Det ses i Tabel 4.6, at de eksogene energieffektiviseringer i referencen sker med en vækstrate mellem 0.1% og 1.2%. I de to alternative forløb gennemføres energieffektiviseringerne med en vækstrate mellem 0.2% og 1.9%.

Tabel 4.6 Eksogene energieffektiviseringer i reference og miljøforløb.

	Reference 1988-2000	Miljøforløb 1988-2000
Jordbrug	-0,1	-0,8
Skovbrug	-0,1	-0,8
Fiskeri	-1,2	-1,9
Træforædling	-0,7	-1,0
Kemiske råvarer	-0,5	-0,9
Raffinering	-0,4	-0,2
Metal	-0,5	-1,1
Handel	-1,0	-1,7

I referenceforløbet vokser det samlede elforbrug (netto) fra 92.7 TWh i 1988 til 105.8 TWh i år 2000. Bruttoproduktionen i år 2000 er 119.8 TWh. Da den samlede vandkraftkapacitet antages at være 120 TWh i år 2000 (mod 110 TWh i 1988), kan vandkraften netop dække behovet indtil år 2000, og behovet for at indfase naturgas i elproduktionen opstår altså først efter århundredeskiftet. Omkostningerne forbundet med at forøge vandkraftkapaciteten reflekteres i en stigende elpris.

Tabel 4.7 Energiforbrug, anvendelse af fyringsolie, elektricitet, benzin og transport olie i scenarierne sammenlignet med 1988-værdier.

	1988	Reference 2000	National stabilisering 2000		International aftale 2000	
Elektricitet (TWh)	92,7	105,8	(-15,2)	89,7	(0,1)	105,9
Fyringsolie (kt)	1332	1428	(-19,9)	1144	(-8,5)	130
Benzin (kt)	1899	2257	(-7,7)	2084	(-4,8)	2172
Transportolier (kt)	3632	4357	(-10,9)	3935	(-6,3)	4100

Bemærkning: Tallene i parentes angiver ændring i forhold til referencen.

Tabel 4.8 Brændselspriser som de antages at være i de tre scenarier sammenlignet med de aktuelle priser i 1988.

	1988	2000 Reference	2000 National stabilisering	2000 International drivhusgas aftale
Elektricitet (øre/kWh)	41,7	50,2	42,2	50,0
Fyringsolie (øre/kWh)	24,6	30,1	50,5	44,0
Benzin (NOK/liter)	5,36	6,9	9,1	8,4

Elprisen antages at stige i referenceforløbet med 1.6% om året. Til sammenligning stiger prisen på fyringsolie med 1.7% og benzinprisen med 2.1% om året. Disse prisstigninger og de ovenfor nævnte energieffektiviseringer indebærer, at energiefterspørgslen udvikler sig langsommere end den overordnede vækst. Efterspørgslen efter elektricitet vokser med en årlig vækstrate på 1.1% frem til år 2000. Den årlige vækstrate i forbruget af fyringsolie, benzin og transportolier er henholdsvis 0.6%, 1.5% og 1.5%. Bag fremskrivningen af forbruget af benzin og transportolier ligger en antagelse om en årlig vækst i transportvolumenet frem til år 2000 på 2.5% og en årlig energieffektivisering på 0.5-0.75%.

Effekter af national stabilisering

De makroøkonomiske effekter af en isoleret norsk stabilisering ses i Figur 4.5 BNP i år 2000 falder med 1% i forhold til referenceforløbet. Det private forbrug påvirkes ikke af CO₂-stabiliseringen på grund af de kompenserende skattelettelser. På grund af dette er beskæftigelseseffekten også meget begrænset (fald på 0.1%). Lavere produktion for næsten uændret beskæftigelse indebærer et fald i Norges samlede produktivitet, hvilket svarer til en substitution fra kapital mod arbejde. CO₂-afgiften giver højere omkostninger og derfor højere eksportpriser. Dette giver et fald i eksporten på 4.3% i forhold til referenceforløbet. Dette fald i eksporten er en nettoeffekt af faldende eksport fra de energiintensive industrier og voksende eksport fra de arbejdskraftintensive industrier. Importen falder med 2.5%,

hvilket er mindre end faldet i eksporten. Betalingsbalancen forværres derfor. Effekten af dette er et mindre fald i Norges nettofordringer overfor udlandet i år 2000.

MODAGs lønrelation indebærer, at de kompenserende skattelettelser giver et fald i reallønnen. Dette reallønsfald er hovedforklaringen på de begrænsede makroøkonomiske effekter af CO₂-stabiliseringen. Desuden har en antagelse om, at kapitalflugt i større stil ikke er muligt, en dæmpende virkning på fremskrivningen. Flere norske investeringer i udlandet, færre udenlandske investeringer i Norge og en kraftigere norsk reallønsudvikling ville forværre CO₂-stabiliseringens effekt på Norge.

Påvirkningen af den norske industristruktur ved en isoleret norsk CO₂-stabilisering er relativ kraftig. For metalsektorerne aluminium, ferrolegeringer og jern og stål m.m. vurderes det, at produktionen i år 2000 falder med 45%, og at disse sektors efterspørgsel falder med 60%. Årsagen til disse kraftige effekter er forværring af konkurrenceevnen på de internationale markeder. Raffineringssektoren påvirkes også kraftigt, idet det forventes, at råolien sendes til udlandet for at blive raffineret.

Som følge af den kraftige omstrukturering i industrien sker der fra 1988 til 2000 et fald i efterspørgslen efter elektricitet fra 92.7 TWh til 89.7 TWh. Udbygning af vandkraft bliver derved unødvendig, således at elprisen kan holdes på 1988-niveauet. Da CO₂-afgiften samtidigt giver anledning til kraftige stigninger i priserne på olie og benzin, opleves en betydelig påvirkning af de relative energipriser. Prisen på fyringsolie stiger med 68% i forhold til referencen, og benzinprisen stiger 32% i forhold til referencen.

International aftale

De makroøkonomiske effekter af en norsk deltagelse i en international drivhusgasaf tale afhænger i høj grad af den internationale udvikling på eksportmarkederne - herunder især på oliemarkedet. Den internationale drivhusgasaf tales effekt på den internationale økonomi får derfor betydning. Den internationale CO₂-afgift antages i 2000 at være 600 NOK/ton CO₂. Det antages, at de væsentligste handelspartners BNP-tab i år 2000 vil være 1.5%, og at det fremtidige eksportpotentiale derfor formindskes med 1.5% i forhold til referenceforløbet. Dette følges i år 2000 af en stigning i det generelle prisniveau på eksportmarkederne på 5.5% og et fald i den reale oliepris på 20%. Det generelle prisniveau antages at stige på grund af en hvis overvæltning af CO₂-afgiften, og olieprisen forventes at falde på grund af den vigende olieefterspørgsel på det internationale marked. Det antages, at det internationale prisniveau for energiintensive produkter vokser mere end andre produkter. Det antages, at det internationale realrenteniveau er upåvirket af den internationale aftale.

BNP-tabet i år 2000 beregnes til 0.5%. Tabet i privat forbrug forventes at blive 0.9%. Betragtes Figur 4.5, ses det, at de store afvigelser mellem effekterne af en isoleret indsats og deltagelsen i en international aftale er at finde i udenrigshandelen, indenlandsk prisniveau og i størrelsen af Norges

nettofordringer overfor udlandet. De højere importpriser mindsker importen relativt til referenceforløbet, og den faldende efterspørgsel på Norges eksportmarkeder mindsker eksporten. Faldet i eksporten er imidlertid mindre end faldet i importen, og der sker derfor en forbedring af handelsbalancen. De højere importpriser giver anledning til højere indenlandske forbrugerpriser og derfor højere løn. Denne lønstigning modereres noget af indkomstskattekompensationen. Den kraftigste effekt ses på nettofordringerne overfor udlandet. Disse falder med 7.7% i forhold til referenceforløbet. Dette skyldes det kraftige fald i olieindtægterne grundet faldet i den internationale oliepris.

Den norske industristruktur påvirkes næsten ikke ved en international aftale. De energiintensive industrier bibeholder deres konkurrenceevne, idet de udenlandske konkurrenter arbejder under de samme omkostningsvilkår som de Norske. Ifølge fremskrivningen vil produktionsfaldet i de forskellige produktionssektorer derfor være meget ensartet.

Efterspørgslen efter CO₂-fri elektricitet vokser derfor som i referenceforløbet. Elefterspørgslen i år 2000 afviger i dette forløb kun 0.1% fra referenceforløbet. Som følge af dette må vandkraften udbygges som i referenceforløbet, og elprisen vokser derfor som i referenceforløbet.

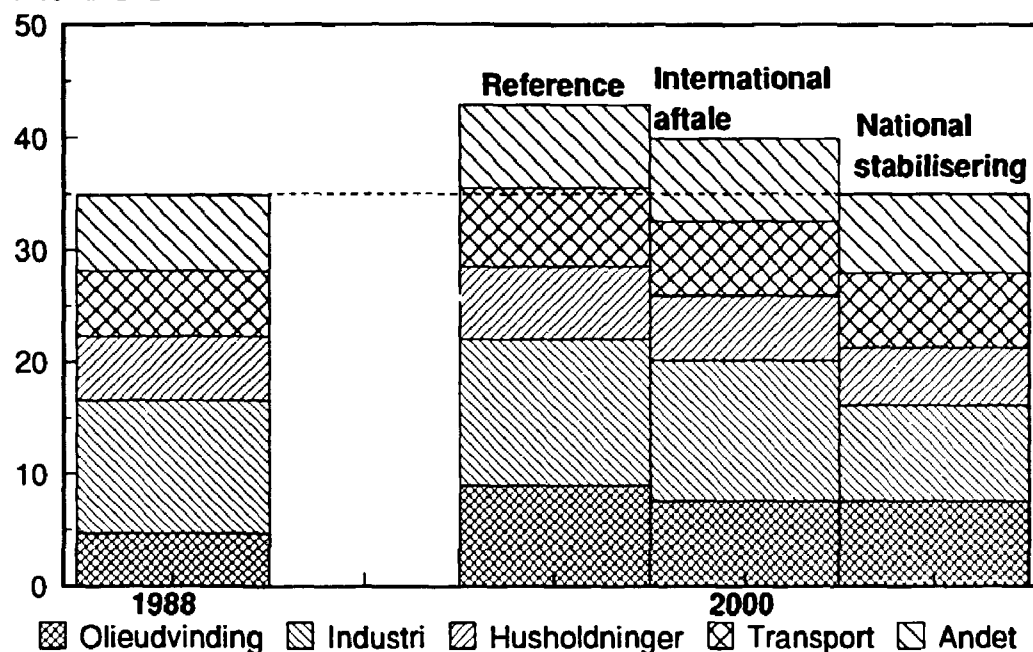
Konklusion

Konkluderende kan det siges, at en isoleret norsk stabilisering af CO₂-emissionerne i år 2000 på 1987-niveauet vurderes til at kunne ske med lave velfærdstab og uden større påvirkning af den norske nationalformue. Til gengæld vil der ske en kraftig omstrukturering af den norske industristruktur, som ikke nødvendigvis er hensigtsmæssig på langt sigt. Ved deltagelsen i en international drivhusgasaftale vil velfærdstabene være noget større, og påvirkningen af nationalformuen vil være meget større. Til gengæld vil den norske industristruktur kunne overleve, hvilket kan vise sig at være en fordel på langt sigt. Endelig skal det nævnes, at den faktiske CO₂-reduktion i Norge vurderes at være mindre ved en international aftale end ved en isoleret indsats. Dette skyldes at den skønnede internationale CO₂-afgift på 600 NOK er mindre end den CO₂-afgift på 800 NOK, Norge måtte indføre for at stabilisere CO₂-emissionerne i år 2000.

CO₂-emissioner

Ved en national stabilisering reduceres emissionerne 18.4% i år 2000. Faldet i den energiintensive industris produktion resulterer i et fald i industriens emissioner på mere end 30%. Husholdningernes biltransport registreres under "husholdninger" (og ikke under "transport"). En betydelig del af emissionsreduktionen på 20% i husholdningerne skyldes reduceret anvendelse af biler. Emissionerne fra olieudvinding reduceres med 15.6%. Dette skyldes reduceret gasafbrænding (flaring), mere effektiv slutanvendelse af energien og anvendelse af mere effektive turbiner.

mt CO₂



Figur 4.5 Carbondioxid-emissioner opdelt på sektorer for referencescenariet samt de to fremskrivninger sat i forhold til 1988-niveauet.

Ved en international aftale sker der mere end en halvering af CO₂-reduktionerne set i forhold til en national stabilisering. Emissionerne reduceres med 7% i forhold til referencen. Årsagen til dette er den lavere CO₂-skat, lavere pris på fossilt brændsel og højere elpris. Prisen på fossile brændsler er betydeligt lavere i dette forløb end i forløbet med national stabilisering. Dette skyldes, at både CO₂-skatten og råolieprisen er lavere. Elprisen er højere, fordi en vis udbygning af produktionskapaciteten er nødvendig.

Frem til år 2000 er der vandkraft nok i Norge til at dække efterspørgslen efter elektricitet. Elforsyningssystemet påvirker derfor ikke i denne periode CO₂-emissionerne.

4.3.2 Langsigtede fremskrivninger

Perioden fra år 2000 til år 2025 er beskrevet ved hjælp af modellen MSG. Der er lavet to fremskrivninger: et referenceforløb og et forløb, hvor Norge medvirker i en international drivhusgasaf tale. Dette forløb kan ses som en fortsættelse af det tilsvarende mellemsigtede forløb fra sidste afsnit.

Som allerede nævnt er MSG en såkaldt generel ligevægtsmodel. Med dette menes, at modellen beregner samtlige priser i systemet således, at udbud bliver lig efterspørgsel på alle markeder i økonomien. Betragter man en virkelig økonomi, vil man se, at der på et givet tidspunkt ikke er ligevægt på alle markeder, idet der f.eks. kan være arbejdsløshed, ledig kapacitet m.v. Det er imidlertid en udbredt opfattelse inden for de fleste økonomiske teorier, at disse uligevægte vil have en tendens til at forsvinde på

langt sigt. Det er derfor acceptabelt i langsigtede fremskrivninger at benytte en generel ligevægt. På mellemlangt sigt bør man i stedet benytte modeltyper, der kan beskrive uligevægtsfænomener. Modellen MODAG er netop et eksempel på en sådan model.

Tabel 4.9 viser en oversigt over nøgle-parametrene i de langsigtede fremskrivninger.

Tabel 4.9 Gennemsnitlige vækstrater i de langsigtede fremskrivninger.

Gennemsnitlige vækstrater for perioden 2000-2025	Reference	International drivhusgasaf tale
BNP	1,7%	1,6%
BNP (fastlands-Norge)	2,0%	-
Privat forbrug	2,2%	1,7%
Elforbrug (netto)	1,2%	0,9%
Olief forbrug	1,7%	-0,4%
EI/BNP	-0,5%	-0,7%
Olie/BNP	0,0%	-2,0%
CO ₂ -emissioner	2,0%	1,4%
Elpris	0,5%	0,9%
Norsk råolie	0,6%	0,1%

De grundlæggende antagelser bag fremskrivningerne er, at Norges bytteforhold er nogenlunde konstant i perioden, og at det samlede kapitalapparat vokser med en lidt lavere vækstrate end i perioden 1988-2000. I referenceløbet vurderes Norge til at opnå en vis forbedring af positionen overfor udlandet, idet nettofordringerne overfor udlandet vokser fra 20% af BNP i år 2000 til 25% af BNP i år 2025. Bag denne udvikling ligger aftagende overskud på betalingsbalancen i starten af perioden og underskud på betalingsbalancen i slutningen af perioden. Årsagen til denne aftagende tendens er faldende olieproduktion og stagnerende arbejdsstyrke.

Strukturfor skydningerne i den norske økonomi efter år 2000 er en fortsættelse af tendensen fra før år 2000. Beskæftigelsen i de vareproducerende erhverv falder, mens beskæftigelsen i den resterende økonomi stiger. På trods af dette forventes stigende produktion fra alle erhverv undtagen det olieproducerende erhverv.

Vi så i sidste afsnit, at Norge havde tilstrækkelig vandkraftkapacitet til at dække efterspørgslen efter elektricitet frem til år 2000. Dette er ikke tilfældet efter århundredeskiftet. I perioden 2000-2025 vurderes det, at ny elkapacitet billigt opbygges ved hjælp af gasfyrede kraftværker. Denne kapacitets udvidelse (40 TWh gaskraft i år 2025) afstedkommer en stigning i elprisen på gennemsnitligt 0.5% om året, således at elprisen stiger fra 39 øre/kWh (1988-NOK) i 2000 til 45 øre/kWh i 2025. Denne vækst i elprisen er lavere end før år 2000 og har således en stimulerende virkning på elforbrugets vækst. Da der samtidig forventes en lavere overordnet vækst i økonomien relativt til perioden før år 2000, forventes en vækst i

elforbruget på 1.2% årligt, hvilket svarer nogenlunde til væksten før år-hundredeskiftet.

Forbruget af olieprodukter forventes at vokse med 1.8% om året (mod 1% om året i perioden 1988-2000). Bag dette ligger blandt andet en betydelig vækst i transportvolumenet på 3% om året i godssektoren. Forbruget af benzin vurderes til at vokse med 1.3% om året (mod 1.2% om året i perioden 1988-2000). Denne lille acceleration i benzinforbruget skyldes en mere moderat udvikling i benzinprisen efter år 2000. Indtil år 2000 forventes den reale benzinpris at vokse med 2%. Efter år 2000 forventes den kun at vokse med 0.75% om året.

Makroøkonomiske langtidseffekter af en international drivhusgasaftale

På langt sigt antages det, at en international drivhusgasaftale vil indebære et betydeligt BNP-tab på internationalt plan. Norges væsentligste handelspartnere antages i år 2025 at miste 7.5% af BNP i forhold til referencen. Handelspartnerens generelle prisniveau antages at stige 20% i forhold til referencen, og olieprisen forventes at falde 12%. Sammenlignes med perioden før år 2000 ses en forøgelse af BNP-tabet og de generelle prisstigninger men en moderering af de relative olieprisfald. Det antages, at den nødvendige internationale CO₂-skat i år 2025 er 1330 DKK/ton (1988-NOK).

Det norske BNP-tab i år 2025 er ca. 3% i forhold til referencen (svarende til et fald i den gennemsnitlige vækstrate fra 1.7% til 1.6%). Forbrugstab er 7.7% (svarende til et fald i den gennemsnitlige vækstrate fra 2.2% til 1.7%). Der er specielt to grunde til denne store forskel mellem BNP-tabet og forbrugstabet. Det er antaget, at Norge fører en økonomisk politik, der sikrer, at nettofordringerne overfor udlandet højst falder 20% i forhold til referencen. Dette kræver en nogenlunde stabil udvikling i handelsbalancen, og da olie og gas eksporten falder betydeligt, er det derfor nødvendigt med en eksportfremmende og/eller importbegrænsende politik. Det antages, at problemet løses ved hjælp af indkomspolitik, idet lønningerne (og dermed importen) holdes på et tilstrækkeligt lavt niveau til, at målsætningen angående nettofordringerne overholdes. Denne antagelse om en ensidig importbegrænsende politik har en kraftig effekt på forbruget.

Den anden grund kan findes i MSG-modellens centrale antagelse af, at det samlede kapitalapparat er eksogent givet. Som følge af dette påvirkes kapitalapparatet ikke af en CO₂-skat. De væsentligste determinanter for BNP er arbejdsstyrke, kapitalapparat og teknologisk fremskridt og kun i mindre grad energi. En fastholdelse af kapitalapparatet indebærer derfor, at BNP bliver relativt upåvirkeligt, og et lavt BNP-tab er derfor at forvente. Ifølge almindelig vækstteori vil man forvente, at en CO₂-skat kun har en lille effekt på det langsigtede relative forhold mellem kapitalapparat og BNP. Som følge af dette vil man forvente et BNP-tab og tab i kapitalapparat i nogenlunde samme størrelsesorden. Dette betyder, at en CO₂-skat fører til et lavere kapitalapparat på langt sigt, og derfor lavere investeringer i bevægelsen mod langsigtsligevægten. Inddrages denne effekt ikke i analysen, fås en undervurdering af det løbende investeringstab, og derfor

samtidig en overvurdering af det løbende forbrugstab. Alt i alt fås altså et lavt BNP-tab og et højt forbrugstab.

Det store forbrugstab indebærer, at effekterne af den internationale drivhusgasaf tale går imod strukturtendensen i referenceforløbet. I referenceforløbet kunne det ses, at de vareproducerende erhverv udgjorde en faldende andel af økonomien, svarende til en stigende betydning af handel og service. Faldet i privat forbrug rammer især handel og service. Som følge af dette ses en strukturforskydning mod de vareproducerende erhverv.

Energiforbruget på langt sigt

CO₂-afgiftens væsentligste effekt på energiområdet er, at gaskraft bliver urentabelt set i forhold til vandkraft og biomasse. Udbygningen af CO₂-fri elproducerende kapacitet modelleres ved hjælp af den marginale omkostningskurve vist i Figur 4.7. Uden CO₂-afgift vurderes gaskraft at kunne produceres til ca. 24 øre pr kWh (1988-priser). Med CO₂-afgift vurderes produktionsomkostningerne at stige til 47 øre/kWh i år 2000 og over 80 øre/kWh i år 2025. Betragtes Figur 4.7, ses det, at gas udkonkurrerer ny vandkraft, biomasse og varmepumper, hvis der ikke er en CO₂-afgift, men at en CO₂-afgift i den her betragtede størrelsesorden udkonkurrerer naturgassen.

CO₂-afgiften har en ret begrænset effekt på elprisen, idet dennes gennemsnitlige vækstrate i perioden stiger fra 0.5% til 0.9%. Årsagen til dette er, at elprisen ikke rammes direkte af afgiften, idet der substitueres fuldt over til CO₂-fri elproduktion. Prisstigningerne finder derfor udelukkende deres begrundelse i stigende produktionsomkostninger. Prisen på fyringsolie og benzin påvirkes derimod kraftigt. Prisen på fyringsolie vokser i perioden med en gennemsnitlig vækstrate på 1.9% mod 0.4% i referenceforløbet. Prisen på benzin vokser med en gennemsnitlig vækstrate på 1.1% mod 0.1% i referencen.

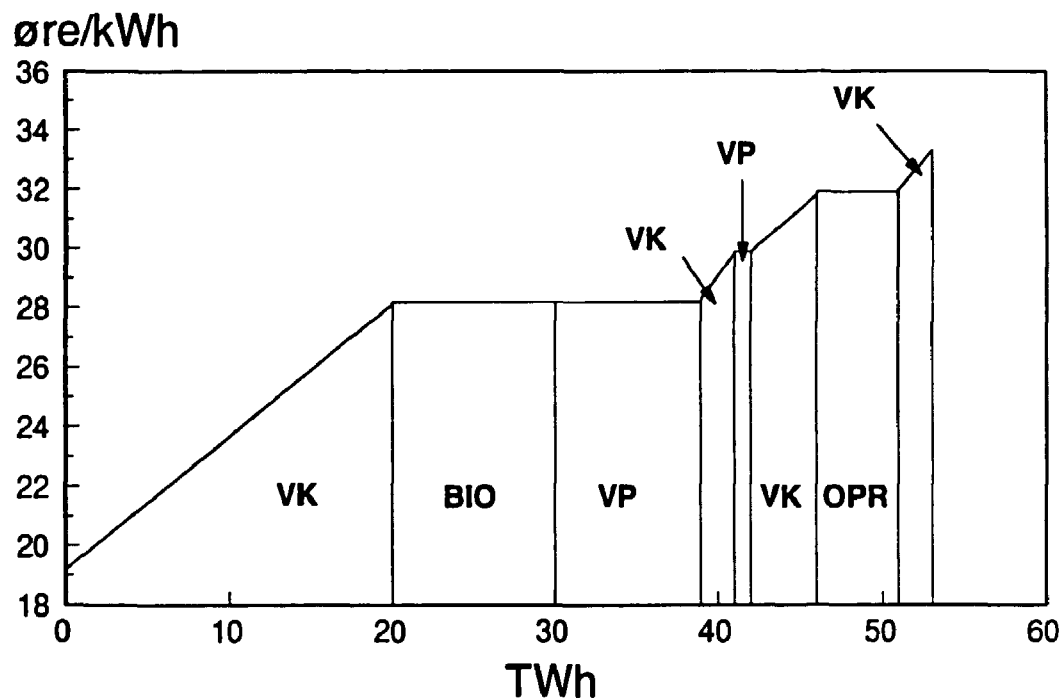
De ændrede energipriser resulterer i et nettoforbrugsfald i forhold til referencen i år 2025 på 6.3% for elektricitet, 42.9% for olie og 51.2% for benzin. Bag det rimeligt beskedne fald i efterspørgslen ligger et fald på 28.1% i den elintensive industris efterspørgsel og en stort set uændret efterspørgsel fra resten af økonomien.

CO₂-emissioner på langt sigt

Ved en international drivhusgasaf tale vurderes de norske CO₂-emissioner i 2025 til at reduceres med 58.4% i forhold til referencen. Dette svarer til en reduktion på 20.3% i forhold til emissionerne i 1988. Ca. 45% af reduktionerne skyldes, at gaskraft bliver urentabelt på grund af CO₂-skatten. De resterende reduktioner skyldes et fald i energiforbruget på 11% relativt til referencen og en betydelig substitution fra olie til CO₂-fri el. De største reduktioner ses inden for sektorerne transport og husholdninger, der hver især reducerer 61% og 57% relativt til referencen.

Tabel 4.10 Carbondioxid-emissioner i udvalgte år i referencen samt i fremskrivningen om international aftale for Norge.

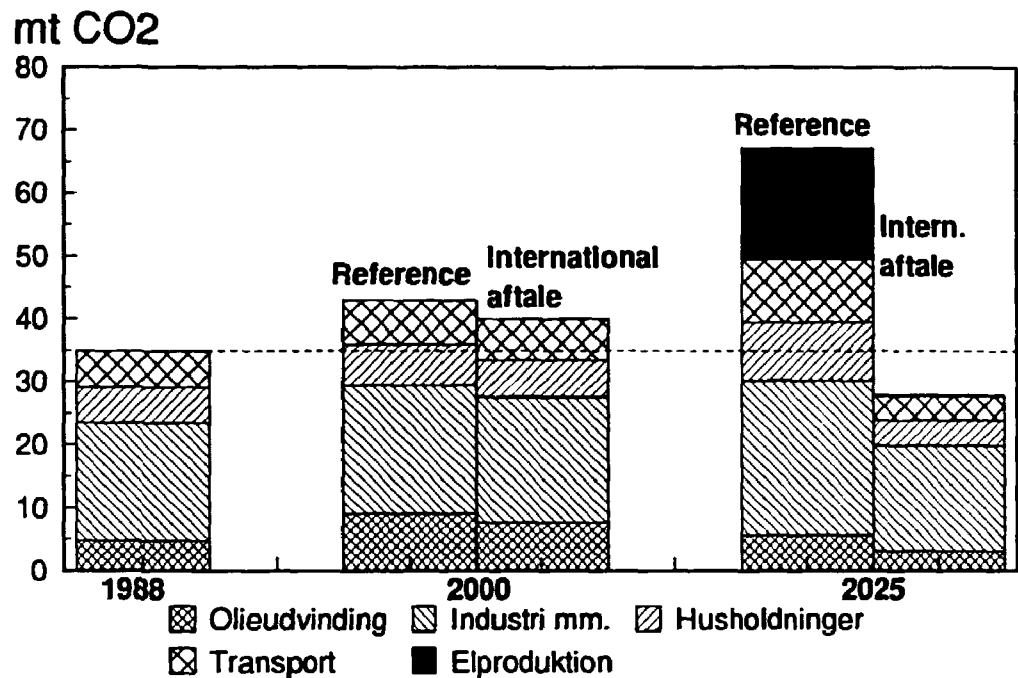
	1988	2000	2025
Reference	35	42,9	67,0
International aftale	35	39,9	27,9



Figur 4.6 Marginalomkostninger ved produktion af ny CO₂-fri elektricitet.

Note: VK = vandkraft, BIO = biomasse, VP = varmepumper, OPR = oprustning af eksisterende vandkraft.

Kilde: Konstrueret på basis af Moum (1992).



Figur 4.7 Norske CO₂-emissioner i følge reference forløb og forløb med international aftale.

4.4 Svenske fremskrivninger

4.4.1 Langsigtet analyse af den svenske økonomi

Statens Energiverk udgav i 1989 rapporten "Miljöanpassade energi-scenarier, Sverige 2015". Rapporten var bestilt af den svenske regering og skulle belyse virkningen af Riksdagens beslutning om at afvikle kernekraften samtidig med, at der ønskes en minimal miljøpåvirkning fra energisektoren.

Den langsigtede svenske analyse går frem til år 2015. Fremskrivningen beskriver en situation, hvor Sverige indfører en CO₂-skat, der dækker hele økonomien undtagen den energiintensive industri. Der er i analysen ikke taget hensyn til en international drivhusgasaftales effekt på den internationale økonomi, og analysen må derfor betragtes som en vurdering af de svenske muligheder for at gøre en isoleret national indsats. Dette forklarer også antagelsen om, at den energiintensive industri fritages for CO₂-afgiften.

Analysen tager udgangspunkt i "långtidsutredningens" fremskrivninger til år 2000, der ekstrapoleres frem til år 2015. Der skelnes mellem to basis-scenarier (et med høj vækst og et med lav vækst), og to tilsvarende miljøscenarier i hvilke CO₂-emissionerne stabiliseres i forhold til basisåret 1987. Den høje/lave vækst antages at udtrykke internationale tendenser således, at f.eks. den internationale pris på olie og kul er forskellige i høj- og lavvækstforløbene.

En meget central forudsætning i analysen er antagelsen om udfasningen af kernekraft i perioden 2000-2010. Elproduktionen i Sverige er i dag domineret af vandkraft og kernekraft og er derfor forbundet med relativt lave CO₂-emissioner. I fremtiden må atomkraften erstattes af andre energikilder, der typisk er forbundet med CO₂-emissioner.

Antagelserne om udviklingen i BNP tager sit udgangspunkt i "långtidsutredningens" scenarier. I forhold til disse reduceres vækstprocenterne med 0.1 procentpoint på grund af udfasningen af kernekraft, og 0.1 procentpoint i forbindelse med stabiliseringen af CO₂. Disse korrektioner af långtidsutredningens vækstprocenter svarer til en antagelse om at udfasningen af kernekraft og stabiliseringen af CO₂-emissionerne hver for sig afstedkommer et BNP-tab i 2015 på 2.7%. En samtidig udfasning af kernekraft og stabilisering af CO₂ giver altså et samlet BNP-tab på 5.4%.

Under hensyntagen til økonomiens overordnede vækste og udviklingen i energipriserne fremskrives industriens, trafiksektorens, servicesektorens og husholdningernes energiefterspørgsel. Priserne på olie og kul antages at være givet af det internationale niveau, der igen antages at afhænge af aktivitetsniveauet i verdensøkonomien. I højvækstforløbet antages priserne på olie og kul at vokse relativt hurtigt (vækstrater på hhv. 1.1% og 0.7%). I lavvækstforløbet er prisernes vækst mere beskedne (hhv. 0.4% og 0.5%).

De indenlandske energipriser afhænger af det internationale niveau og evt. beskatning. Det antages i de to basisforløb, at de svenske punkt-beskatninger, der fandtes i 1989, fortsættes til 2015. I de to miljøforløb afskaffes punktbeskatningerne, og der indføres i stedet en CO₂-skat kombineret med en energimoms på 23.46%. CO₂-skatten er i højvækst-forløbet sat til 1000 SEK/ton, og i lavvækstforløbet til 350 SEK/ton.

Den energiintensive industri antages at være fritaget fra CO₂-afgiften. Den energiintensive industri dækker over masse- og papirindustrien, jern- og stålværker og dele af den kemiske industri. Disse industrier står for omkring 70% af den svenske industris energiefterspørgsel.

Elprisen beregnes som forsyningssystemets marginalpris og er derfor stærkt afhængig af forsyningssystemets teknologiske opbygning. På grund af udfasningen af atomkraft vurderes det, at den svenske elpris vil vokse betydeligt i de kommende 25 år. F.eks. vurderes det i basisforløbene, at den energiintensive industris elpris gennemsnitligt vil vokse med 1.8% om året frem til 2015. Husholdningernes elpris vil kun vokse med 0.9% i basisforløbet, således at der vil være en tendens til udligning af forskellen mellem industriens og husholdningernes elpris. For industrien som helhed vil elprisen i basisforløbene vokse hurtigere end olieprisen, således at den relative pris mellem elektricitet og olie forbedres i oliens favør.

I de 2 miljøscenarier skærpes kravene til elforsyningssektoren, idet udfasningen af atomkraft skal ske uden væsentlige stigninger i CO₂-emissionerne. På grund af fritagelsen for CO₂-skatten udvikler den energiintensive industris elpris sig imidlertid nogenlunde som i basisscenarierne. Faktisk er den lidt lavere i miljøscenarierne på grund af fjernelsen af en punktskat.

Tabel 4.11 Vækstrater og skatter i basisforløb og miljøforløb under forudsætning af høj henholdsvis lav vækst.

1987-2015	Basisforløb Høj vækst	Basisforløb Lav vækst	Miljøforløb Høj vækst	Miljøforløb Lav vækst
BNP	2,4%	1,1%	2,3%	1,0%
Energiforbrug	1,8%	0,7%	0,7%	-0,1%
Energi/BNP	-0,6%	-0,4%	-1,6%	-1,1%
CO ₂ -emissioner	3,4%	1,9%	0,8%	0,0%
CO ₂ /Energi	1,6%	1,2%	0,1%	0,1%
Elpris (elintensiv indust.)	1,8%	1,8%	1,4%	1,4%
Elpris (let industri)	1,5%	1,5%	4,6%	2,9%
Elpris (husholdninger)	0,9%	0,9%	4,0%	2,7%
Fjernvarmepris (industri)	1,1%	0,9%	4,0%	-2,1%
Fjernvarmepris (hushol.)	0,4%	0,3%	2,7%	0,1%
International oliepris	1,1%	0,4%	1,1%	0,4%
International kulpris	0,7%	0,5%	0,7%	0,5%
CO ₂ -skat			1000 kr./ton	350 kr./ton
Andre skatter	Punktskatter	Punktskatter	Moms	Moms

Resten af økonomien vil i miljøscenarierne opleve kraftige stigninger i elprisen. På grund af CO₂-skatten vurderes den lette industri til at opleve elprisstigninger på 4.6% i højvækstforløbet og 2.9% i lavvækstforløbet. Husholdningernes elpris vurderes til at vokse 4.0% i højvækstforløbet og 2.7% i lavvækstforløbet.

Den svenske bottom-up-analyse adskiller sig metodemæssigt fra f.eks. den norske analyse ved, at der ikke benyttes store konsistente modelsystemer. I stedet anvendes en lang række kvantitative vurderinger. Det overordnede indtryk er, at en høj grad af konsistens alligevel opnås på trods af den manglende samlende modelstruktur. Industriens fremtidige energiforbrug analyseres via en sektorvis vurdering af den fremtidige produktion. I denne vurdering inddrages såvel indenlandsk og udenlandsk efterspørgsel som teknologisk udvikling. På grundlag af disse produktionstal og vurderinger af fremtidige energibesparelspotentialer kan det fremtidige energiforbrug skønnes. Lignende bottom-up metoder benyttes for husholdninger, service-sektor og transport.

Energiforbruget

Antagelserne om energiforbruget i de ovenstående forløb skal diskuteres nærmere. I basisforløbene forventes en gennemsnitlig vækstrate i energiforbruget på 1.8% i højvækstforløbet og 0.7% i lavvækstforløbet. Disse vækstrater er noget lavere end væksten i BNP, således at den svenske energiintensitet forventes at falde med en gennemsnitlig vækstrate på 0.6% i højvækstforløbet og 0.4% i lavvækstforløbet.

I miljøforløbene reduceres det samlede energiforbrugs vækstrate til hhv. 0.7% og -0.1% i højvækstforløbet og lavvækstforløbet. Dette svarer til, at

den svenske energiintensitet gennemsnitligt falder med henholdsvis 1.6% og 1.1% om året i de to miljøforløb. I perioden 1973-1986 var den gennemsnitlige vækstrate i energiintensiteten -1.3%. Dette kan tages som udtryk for, at de her betragtede CO₂-skatter (350 SEK/ton i lavvækst-tilfældet og 1000 SEK/ton i højvæksttilfældet) vil påvirke det svenske energiforbrug mindre end energikrisen gjorde i perioden 1973-1986. En væsentlig årsag til dette er, at den energiintensive industri antages fritaget fra skatten.

CO₂-afgiftens påvirkning af industriens energiefterspørgsel vurderes som nævnt på grundlag af vurderinger af de forskellige sektors energi-besparelespotentialer og fremtidige produktion. I basisforløbet med høj vækst stiger den samlede produktion med 2.6% pr år frem til 2015. Næsten alle sektorer vokser i perioden og industristrukturen ændrer sig ikke bemærkelsesværdigt. Energiefterspørgslen vokser med gennemsnitligt 1.9% i perioden.

I basisforløbet med lav vækst vokser den samlede produktion med knapt 1% om året. I begge basisforløb vokser elprisen for den elintensive industri med 1.8% om året på grund af udfasningen af kernekraft. I basisforløbet med høj vækst havde dette ikke særlig stor indflydelse på den elintensive industris udvikling på grund af gode afsætningsforhold. I forløbet med lav vækst oplever den elintensive industri imidlertid svækkede afsætningsmuligheder samtidig med stigende omkostninger (højere elpris). Den svenske industri forventes derfor at omstrukturere kraftigt i retning af mere elektensiv industri. Som følge af dette forventes industriens samlede energiefterspørgsel at *falde* med gennemsnitligt 0.8% om året frem til 2015. I miljøforløbet med høj international vækst antages CO₂-skatten at være 1000 SEK/ton. Vækstraten for den samlede produktion ventes kun at falde til 2.5%. Samtidig forventes der imidlertid at ske visse omstruktureringer af den svenske industri. Minedrift, dele af kemikalieindustrien og ikke-jern-metalværker ventes mindst at halvere produktionen i forhold til 1987. Maskinsektoren forventes på den anden side at ekspandere kraftigt, med en årlig gennemsnitlig vækstrate på 6.3%. Dette skyldes bl.a. stigningen i energibesparende investeringer. Energiefterspørgslens vækstrate falder fra 1.9% til 1.5%.

I miljøforløbet med lav vækst forventes CO₂-skatten i 2015 at være 350 SEK/ton. Den årlige vækst i produktionen falder til 0.8%. Der sker en betydelig omstrukturering i dette forløb. Ud af 17 sektorer falder produktionen i 8 sektorer relativt til 1987. Energiefterspørgslens vækstrate falder fra -0.8% til -1.0%.

I Tabel 4.12 ovenfor ses en opdeling af CO₂-afgifternes effekt på industrien i det høje og lave forløb. I højvækstforløbet forventes f.eks. en fordobling af industriens produktion, hvilket svarer til en tilvækst på 100%. Hvis energiefterspørgslen fulgte produktionen lineært, ville energibehovet derfor stige med 100%. På grund af ændringer i industriens struktur og på grund af fald i det specifikke energiforbrug er dette imidlertid ikke tilfældet. Det ses, at faldet i det specifikke energiforbrug er ca. 3 gange større i højvækstforløbet end lavvækstforløbet. Årsagen til dette er, at udskiftningen af eksisterende kapitalapparat er betydeligt større i højvækstforløbet end i lavvækstforløbet. Indfasningen af nye teknologier sker betydeligt hurtigere

Tabel 4.12 Reduktionen i industriens energiefterspørgsel 2015 i forhold til 1987. Opdeling af total effekt i tilvækst, struktur og specifikt energiforbrug.

	Høj vækst	Lav vækst
Tilvækst	100,0%	24,8%
Struktur	-53,9%	-36,2%
Specifikt energiforbrug	-14,9%	-5,0%
Total effekt	31,2%	-16,3%

i et højvækstsforløb.

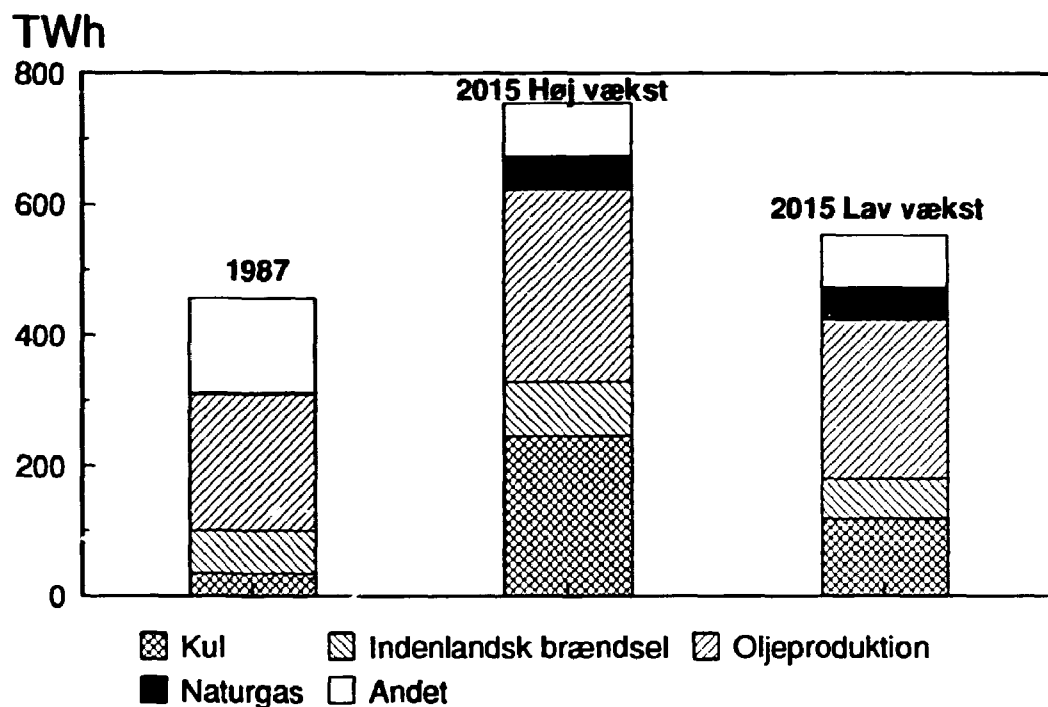
I miljøforløbene sker der for husholdninger, service m.m. en reduktion i energiforbruget i forhold til basisforløbene på 8.2% i lavvækstsforløbet og 9.9% i højvækstsforløbet. Bag dette ligger en reduktion i elforbruget (ekskl. elvarme) på 6.3% i højvækstsforløbet og 9.9% i lavvækstsforløbet. Energiforbruget til opvarmningsformål reduceres med 10.4% i højvækstsforløbet og 7.6% i lavvækstsforløbet. Der sker en betydelig substitution fra elvarme til fjernvarme, idet elvarmen reduceres med 27.3% i højvækstsforløbet og 40% i lavvækstsforløbet samtidig med at fjernvarmen stiger med 14.0% i højvækstsforløbet og med 19.0% i lavvækstsforløbet. Desuden sker der en betydelig reduktion af olie til opvarmningsformål og en mindre stigning i anvendelsen af biomasse.

Betragtes Figur 4.9, ses udviklingen i den svenske tilgang af energi i basisforløbene. Udfasningen af kernekraft indebærer, at kategorien "andet" (kernekraft, vandkraft, vindkraft og nettoimport af el) falder fra 31.6% af den samlede energitilgang i 1987 til henholdsvis 10.9% og 14.5% i år 2015 i højvækstsforløbet og lavvækstsforløbet. Samtidig stiger anvendelsen af kul fra 7.4% til henholdsvis 32.5% og 21.6%, og anvendelsen af naturgas stiger fra 0.7% til henholdsvis 6.6% og 9.1% af den samlede energitilgang.

På anvendelsessiden er anvendelseskategoriernes andel af den samlede energiefterspørgsel rimelig stabil i basisforløbene. Industriens andel af den samlede energiefterspørgsel ændrer sig fra 36.7% i 1987 til henholdsvis 39.2% og 30.1% i de to forløb. Transportens andel ændrer sig fra 20.8% til henholdsvis 22.7% og 24.1%.

I miljøforløbene er energiforbrugets opdeling på sektorer målt i procent næsten den samme som i basisforløbene. Tilgangen af energi ændrer sig derimod en del. Idet kulkondens ikke benyttes i miljøforløbene ses et udfasning af anvendelsen af kul. Der sker en vis substitution fra olie til indenlandske brændsler (dvs. især biomasse).

Anvendelsen af fjernvarme stiger i miljøforløbene, idet vækstraten i fjernvarmeanvendelsen stiger fra 0.7-1.0% i basisforløbene til 1.3-1.5% i miljøforløbene. Den væsentligste ændring i fjernvarmesektorens brændselsinput består i, at kulanvendelsen erstattes af biomasse. Anvendelsen af olie



Figur 4.8 Svensk tilgang af energi i basisforløbene.

Note: "Andet" står for vandkraft, kernekraft, vindkraft og nettoimport af el.

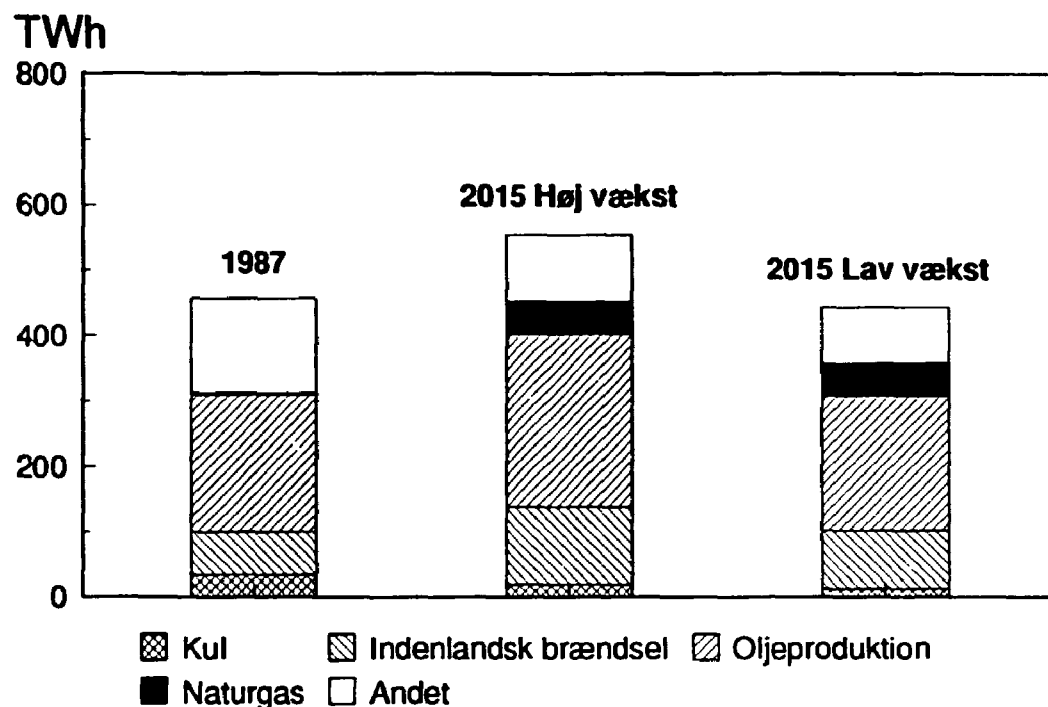
Kilde: Statens energiverk (1989).

pr. produceret enhed er stort set uændret. Det antages i miljøforløbene, at hovedparten af fjernvarmebehovet dækkes ved kombineret kraftvarmeproduktion.

I Figur 4.11 er den svenske elproduktion beskrevet. Den maksimale gennemsnitlige elproduktion fra vandkraft antages at være 66 TWh. Svenskerne kan derfor ikke som nordmændene klare miljørestriktionen ved at forøge vandkraften. I stedet udskiftes elproduktion med kul, gas og olie med modtryksproduktion og vindkraft. Vindkraften udgør 7.8-16.4% af den samlede elproduktion i miljøforløbene. Modtryksproduktionen udgør 26.2-35.0% af den samlede produktion. Heraf udgør industriel modtryksproduktion ca. 30%, mens kraftvarmeproduktion udgør de resterende ca. 70%.

CO₂-emissioner

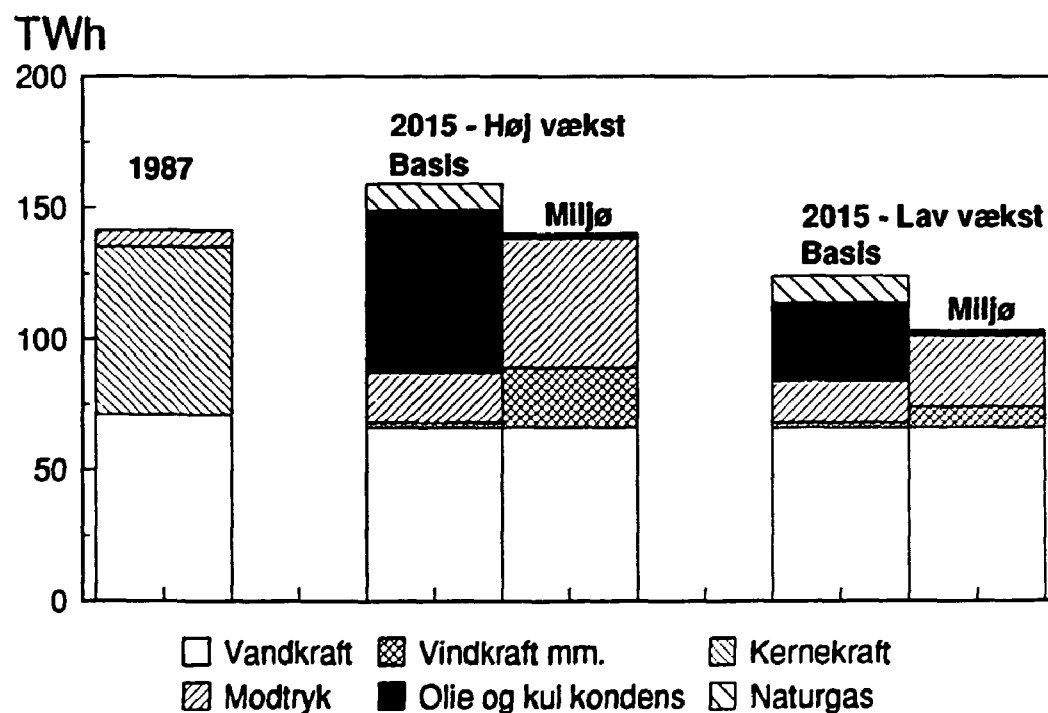
Udfasningen af kernekraft indebærer en betydelig stigning i basisforløbenes CO₂-emissioner. I højvækstsforløbet er emissionerne i 2015 vokset med 160% i forhold til 1987. I lavvækstsforløbet vokser emissionerne med 70%. De her beskrevne CO₂-begrænsende tiltag er søgt opbygget i sådant omfang, at emissionerne i 2015 stabiliseres i forhold til 1987. Dette opnås ikke i højvækstsforløbet, idet emissionerne her stiger med 26% i forhold til 1987. I lavvækstsforløbet opnås præcist en stabilisering. Dette ses i Figur 4.12.



Figur 4.9 Svensk tilgang af energi i miljøforløbene.

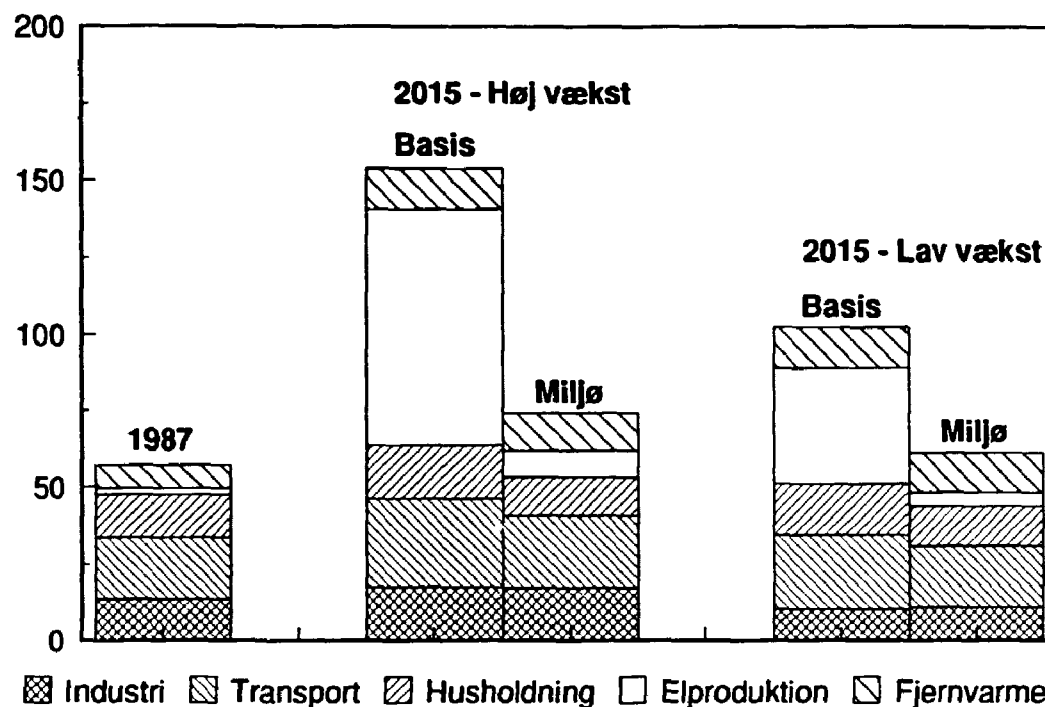
Note: "Andet" står for vandkraft, kernekraft, vindkraft og nettoimport af el.

Kilde: Statens energiverk (1989).



Figur 4.10 Den svenske elproduktion i basis- og miljøforløb forudsat høj og lav vækst. Forløbene er sammenlignet med 1987-værdier.

Omlægningen af forsyningsystemet giver meget store CO₂-reduktioner i 2015. Emissionerne fra denne sektor falder 76.6% i højvækstforløbet og 66.1% i lavvækstforløbet.



Figur 4.11 Carbondioxid-emissioner i de forskellige forløb sammenlignet med 1987-værdier. Der er inddelt efter energisektorer.

International drivhusgasaftale

I et mindre afsnit i "Miljøanpassade energiscenarier" søges effekten af en international CO₂-skat på 1000 SEK/ton der pålægges alle sektorer vurderet. Det antages at CO₂-skatten forhøjer elprisen med 58 øre/kWh i forhold til 1987-niveauet på 12-20 øre/kWh. Effekten vurderes til at være "...stor, men ikke dramatisk".

For hver industrisektor beregnes stigningen i energiomkostningerne i forbindelse med CO₂-skatten. For industrien som helhed argumenteres der for, at hvis det samlede overskud falder med et givent antal procent, da vil produktionen falde med ca. halvdelen. Dette skyldes substitution i produktionen og efterspørgslen. Det vurderes at CO₂-skatten vil indebære et fald i overskuddet på ca. 20%. Den samlede produktion forventes derfor at falde ca. 10%. Effekterne må forventes at være meget forskellige inden for de forskellige industrisektorer. I Tabel 4.13 ses reduktionen i forskellige sektors overskud.

MARKAL

Højvæksts- og lavvækstsforløbene i miljøanpassade energiscenarier, som er beskrevet ovenfor, udgjorde grundlaget for en analyse foretaget med energimodellen MARKAL (Profu AB 1992, KRAFTSAM 1992). MARKAL er en optimeringsmodel, der giver en fremtidig energiefterspørgselsprofil bestemmer den optimale energisystemopbygning.

Tabel 4.13 Reduktion i overskud ved indførelse af CO₂-skat på 1.000 DKK/ton og elpris-forhøjelse på 58 øre/kWh.

	Reduktion i overskud (%)
Minedrift	100
Masse/papir	72
Kemisk basis	52
Jord-sten	52
Jern-stål	103
Metal	60
Maskiner	9
Anden industri	16
Industrien i alt	20

Kilde: Statens energiverk (1989).

I basisforløbene stiger CO₂-emissionerne 50% i lavvækstsforløbet og 140% i højvækstsforløbet i perioden 1990-2015. Denne vækst er noget lavere end i den ovenstående analyse. Dette skyldes, at energisystemets opbygning i MARKAL-kørslerne er fuldstændigt optimal.

Som nævnt i sidste afsnit er en CO₂-skat på 1000 SEK/ton ikke tilstrækkelig til at stabilisere emissionerne i højvækstsforløbet. MARKAL-beregningerne viser, at en CO₂-skat på over 2000 SEK/ton i år 2015 er nødvendig. Dette skyldes især høje reduktionsomkostninger i trafiksektoren. Det vurderes desuden, at en reduktion af 2015-emissionerne på 20% i lavvækstsforløbet indebærer en CO₂-skat på ca. 1300 SEK/ton.

Tendensen i MARKAL-beregningerne er de samme som i ovenstående analyse. Kul fases næsten helt ud, naturgas ligger på nogenlunde samme niveau i basis og miljøforløb, der sker en vis reduktion i olieforbruget, biomasse vokser kraftigt og vind til elproduktion vokser kraftigt. I højvækstsforløbet kræver en stabilisering en betydelig indfasning af bio-brændsel (methanol/ethanol) i trafiksektoren. Det vurderes at Sverige i denne situation har nået sin kapacitetsgrænse mht. biomasse således at det forarbejdede brændsel må importeres fra udlandet.

5 Sammenligning af landenes planer og muligheder

5.1 Sammenligning af de nordiske lande

Betragtes de enkelte landes langsigtede miljøfremskrivninger, ses det, at Norge og Danmark forventer reduktioner i emissionerne, mens Sverige og Finland i bedste fald forventer en stabilisering. Norges⁵ reduktion i år 2025 er på 20% i forhold til 1988 og 58% i forhold til referencen. I Danmark⁶ er reduktionen i 2030 46% i forhold til 1992 og 50% i forhold til referencen. I den svenske⁷ fremskrivning skelnes som bekendt mellem et højvækstsforløb og et lavvækstsforløb. I højvækstsforløbet vokser emissionerne i 2015 med 26% i forhold til 1987 og reduceres med 50% i forhold til referencen. I lavvækstsforløbet stabiliseres emissionerne i 2015 i forhold til 1987 og reduceres med 41% i forhold til reference. Finlands⁸ reduktioner i 2020 er på 38% i forhold til referencen og 0% i forhold til 1990.

Sammenlignes resultaterne for landene, ses store afvigelser i reduktionerne i forhold til begyndelsesåret, men en vis overensstemmelse mellem reduktionerne i forhold til referencen. Reduktionen i forhold til begyndelsesåret svinger mellem -26% og 46%, mens reduktionerne i forhold til referencen kun svinger mellem 38% og 58%. Der syntes med andre ord at være en vis enighed i analyserne om, at de langsigtede emissioner inden for rimelighedens grænser kan reduceres til omkring halvdelen af, hvad de eller ville have været.

Den væsentligste årsag til forskellene mellem reduktionerne i forhold til begyndelsesåret er forskelle i basisforløbene. I Tabel 5.1 er basisforløbene karakteriseret ved en række vækstrate. Den danske og norske vækstrate i BNP ligger tæt placeret i midten af det interval, der dannes af den høje og lave svenske fremskrivning. Den finske vækstrate i BNP er på højde med den høje svenske vækstrate. Energiforbruget er karakteriseret ved relativt lave vækstrate i Danmark, Finland og i det svenske lavvækstsforløb. I Norge og i det svenske højvækstsforløb forventes højere vækstrate i energiforbruget.

⁵ Moum (1992).

⁶ Morthorst (1993).

⁷ Statens energiverk (1989).

⁸ Lehtila and Pirila (1993).

Tabel 5.1 Basisforløb. Gennemsnitlige vækstrater.

	Danmark 1992-2030	Norge 1988-2025	Sverige 1987-2015 Høj	Sverige 1987-2015 Lav	Finland* 1990-2020
BNP	1,6%	1,8%	2,4%	1,1%	2,4%
Elforbrug	1,1%	1,2%	0,7%	-0,2%	1,9%
Andet forbrug	0,2%	1,6%	1,1%	0,3%	-
Energiforbrug	0,4%	1,4%	1,0%	0,2%	0,8%
CO ₂ -emissioner	0,2%	1,8%	3,4%	1,9%	1,6%
Elpris		0,9%	0,9-1,8%	0,9-1,8%	-
Oliepris	0,4%	1,4%	2,5%	1,0%	-
Energi/BNP	-1,2%	-0,4%	-1,4%	-0,9%	-1,6%
CO ₂ /energi	-0,2%	0,4%	2,4%	1,7%	0,8%
Elandel	0,7%	-0,2%	-0,3%	-0,4%	-

*) Det samlede finske energiforbrug er π ålt brutto.

Kilde : Danmark - Morthorst (1993), Finland - Lehtila and Pirila (1993), Norge - Moum (1992), Sverige - Statens energiverk(1989).

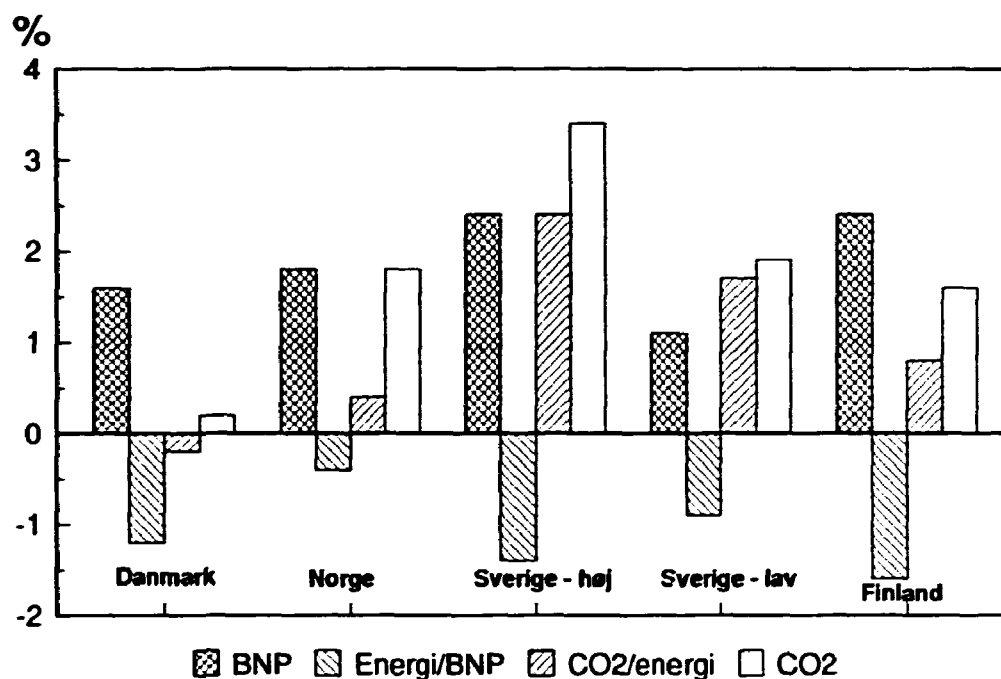
Tabel 5.2 Miljøforløb. Gennemsnitlige vækstrater.

	Danmark 1992-2030	Norge 1988-2025	Sverige 1987-2015 Høj	Sverige 1987-2015 Lav	Finland* 1990- 2020
BNP	1,6%	1,7%	2,3%	1,0%	2,4%
Elforbrug	0,5%	1,0%	0,2%	-0,9%	1,6%
Andet forbrug	-0,2%	0,0%	0,8%	-0,3%	-
Energiforbrug	-0,1%	0,6%	0,6%	-0,2%	0,5%
CO ₂ -emissioner	-1,5%	-0,6%	0,8%	0,0%	0,0%
Elpris	-	1,1%	1,4-4,6%	1,4-2,9%	-
Oliepris	0,4%	1,1%	2,5%	1,0%	-
Energi/BNP	-1,7%	-1,1%	-1,7%	-1,2%	-1,9%
CO ₂ /energi	-1,4%	-1,2%	0,2%	0,2%	-0,5%
Elandel	0,6%	0,4%	-0,4%	-1,1%	-

*) Det samlede finske energiforbrug er målt brutto.

I Tabel 5.1 er vækstraten i energiintensiteten (markeret ved "energi/BNP") beregnet som forskellen mellem vækstraten i energiforbruget og vækstraten i BNP. Det ses, at Norge skiller sig ud med de klart mindste ændringer i energiintensiteten over tid. Sammenlignes med f.eks. Sverige, kan en del af forklaringen være en kraftigere vækst i den svenske elpris. Den væsentligste forklaring kan imidlertid udmærket findes i modelanvendelsen. Den norske fremskrivning for perioden 2000-2025 er en ren top-down fremskrivning, idet den generelle ligevægtsmodel MSG er anvendt. De andre landes fremskrivninger er af bottom-up typen. Energieffektiviseringer optræder på forskellig måde i disse to modeltyper. I en bottom-up model beregnes energibesparelspotentialet ud fra teknologivurderinger af de enkelte sektorer. I top-down modeller ændrer energiefterspørgslen sig via

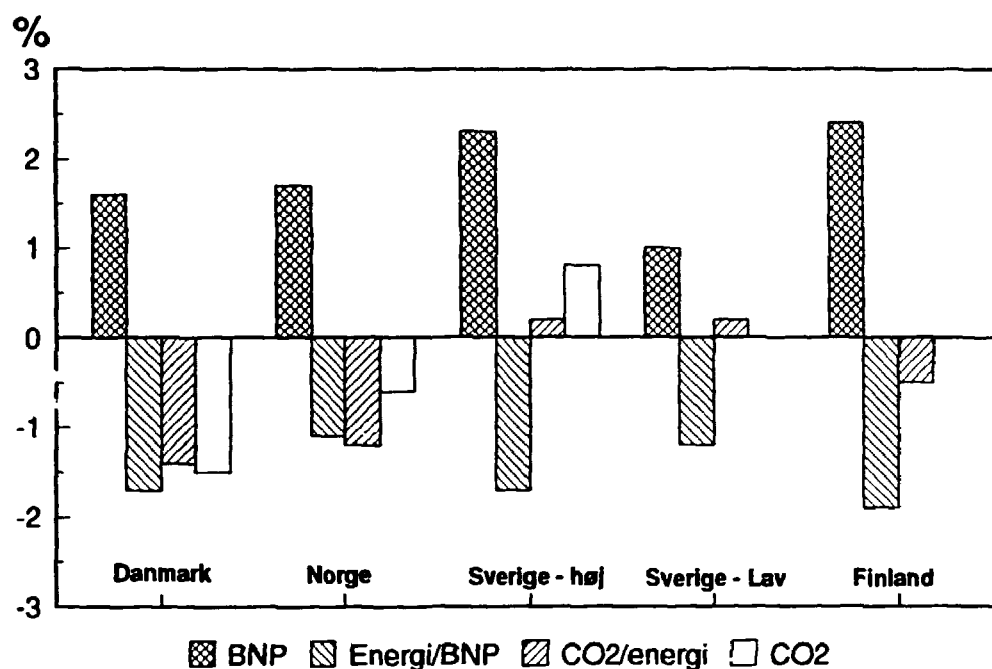
økonometrisk beregnede efterspørgselsfunktioners reaktioner på prisændringer. Der er ved disse to metoder en tendens til, at der opnås større energieffektiviseringer ved bottom-up beregninger end ved top-down beregninger. Betragtes den samlede norske fremskrivning fra 1988 til 2025, har MODAG-beregningen fra 1988 til 2000 visse bottom-up egenskaber, idet energibesparelserne er baseret på undersøgelser af de faktiske teknologiske muligheder. I perioden 1988-2000 er vækstraten i energiintensiteten -0.9%, dvs. på et niveau der ligger tættere på de andre nordiske landes niveau. I perioden 2000-2025 hvor MSG-modellen benyttes er vækstraten i energiintensiteten kun -0.2%.



Figur 5.1 Dekomponering af den gennemsnitlige vækstrate i CO₂-emissionerne i vækstraten i BNP, vækstraten i energiintensiteten og vækstraten i CO₂-intensiteten. Basisforløb.

Note: Vækstraten i CO₂-emissionerne er lig summen af vækstraterne i BNP, energiintensiteten (energi/BNP) og CO₂-intensiteten (CO₂/energi).

I basisforløbene adskiller udviklingen i CO₂-emission pr. energienhed (CO₂-intensiteten) sig betydeligt mellem landene. Dette skyldes at der i Norge, Finland og Sverige forventes betydelige teknologiskift i fremtiden. I den høje ende ligger Sverige med en gennemsnitlig vækstrate i CO₂-intensiteten i perioden 1987-2015 på 1.7 - 2.4%. Årsagen er udfasningen af kernekraft og indfasningen af kulkondens. Den finske vækstrate i CO₂-intensiteten er 0.8%. Dette skyldes, at den forventede høje vækst i efterspørgslen på 1.9% årligt dækkes ved udbygning af kulkondens. I Norge dækkes væksten i efterspørgslen med naturgasfyrede kraftværker. Da denne udbygning sker med udgangspunkt i et elsystem, der næsten udelukkende kører på vandkraft, sker der en vis vækst i CO₂-intensiteten på 0.4% årligt. Danmark forventes i basisforløbet at udbygge forsyningssystemet med kulkondens. Da det danske forsyningssystem i forvejen er kulbaseret indebærer dette en



Figur 5.2 Dekomponering af den gennemsnitlige vækstrate i CO₂-emissionerne i vækstraten i BNP, vækstraten i energiintensiteten og vækstraten i CO₂-intensiteten. Miljøforløb.

ændring i CO₂-intensiteten der ligger tæt på nul (-0.2%). Intensiteten falder rent faktisk på grund af en vis indfasning af vind og biomasse i grundforløbet.

Konkluderende kan det siges, at det nordiske energisystem i basisforløbet forventes at have en stigende CO₂-intensitet i de kommende 20-30 år. Ud fra de 4 landes analyser kan det vurderes, at kulforbruget vil stige 2-3 gange frem mod år 2015. Kapacitetsgrænsen for konkurrencedygtigt vandkraft vurderes at være nået omkring årtusindeskiftet i Norge, Finland og Sverige. Med de gældende forventninger til energiprisernes udvikling forventes udbygningen herefter at ske med fossile brændsler.

I de betragtede analyser ændrer vækstraten i BNP sig kun i miljøforløbet i den svenske og norske analyse. Ændringen er i begge tilfælde beregnet til ét procentpoint, således at en forsvindende del af CO₂-reduktionerne kan forklares ved reduceret overordnet vækst. Den væsentligste årsag til CO₂-reduktionerne er fald i energiintensiteten og CO₂-intensiteten, på langt sigt er det typisk CO₂-intensiteten der har den største effekt. Dette er illustreret i Figur 5.1 og 5.2. På basis af vækstraterne i Tabel 5.1-5.2 dekomponeres CO₂-emissionernes vækstrate i tre komponenter: BNP-vækstraten, vækstraten i energiintensiteten (energi/BNP) og vækstraten i CO₂-intensiteten (CO₂/energi).

I Danmark falder CO₂-emissionernes gennemsnitlige vækstrate frem til 2030 fra 0.2% til -1.5%. Ca. 70% af dette fald kan forklares ved faldet i CO₂-intensiteten. De resterende 30% skyldes faldet i energiintensiteten. Faldet i CO₂-intensiteten skyldes en betydelig forøgelse i tilslutningen til gas og fjernvarmenettene, udvidelse af kraftvarmekapaciteten og opbygningen af

et forsyningssystem der i høj grad anvender biomasse (biogasifikation), naturgas (combined cycle) og vindkraft. Biomassens andel af bruttoenergiforbruget forventes at stige fra 6.2% i 1992 til 24.7% i 2030. Naturgassen stiger i samme periode fra 10.8% til 28.4%, og vindkraft stiger fra 1.1% til 6.5%. I samme periode forventes kullets andel at falde fra 38.5% til 3.7%.

I Finland falder emissionernes gennemsnitlige vækstrate frem til 2020 fra 1.6% til 0.0%. Ca. 81% af dette fald kan forklares ved faldet i CO₂-intensiteten. De resterende 19% skyldes faldet i energiintensiteten. Som i Danmark skyldes faldet i CO₂-intensiteten udvidelse af kraftvarme-kapaciteten og forøget anvendelse af naturgas og biomasse. I forhold til basisforløbet sker der i 2010 en stigning på 40% i anvendelsen af naturgas, en stigning i anvendelsen af biomasse på 60% og et fald i anvendelsen af kul på 64%.

I Norge falder CO₂-emissionernes gennemsnitlige vækstrate frem til 2025 fra 1.8% til -0.6%. Ca. 71% af dette fald skyldes faldet i CO₂-intensiteten. De resterende 29% skyldes faldet i energiintensiteten. Betragtes Tabel 5.3, ses det, at de norske reduktioner sker ved en indsats i alle sektorer. Mulighederne for at reducere emissionerne i forsyningssystemet er mindre i Norge end i de fleste andre lande, idet den eneste mulighed består i at substituere ny gaskraft med vandkraft og biomasse. Under halvdelen af reduktionerne stammer derfor fra forsyningssektoren. En stor andel (15.4%) stammer fra transportsektoren. En betydelig del af disse reduktioner skyldes tekniske forbedringer i søtransport, der derigennem er med til at mindske emissionerne pr. energienhed.

Tabel 5.3 Langsigtede CO₂-reduktioners fordeling på sektorer.

	Danmark ^a 2030	Norge ^b 2025	Sverige ^c Høj vækst 2015	Sverige ^c Lav vækst 2015
Husholdninger	10,4%	13,4%	6,0%	9,0%
Industri m.m.	11,2%	19,7%	0,4%	-1,9%
Forsyningssektor	78,4%	45,2%	86,9%	82,2%
Transport	0,0%	15,4%	6,7%	10,7%
Olieudvinding	0,0%	6,3%	0,0%	0,0%
I alt	100%	100%	100%	100%

Kilder:

- a) Beregnet fra Morthorst (1993), Industri m.m. inkluderer landbrug, handel og service.
- b) Beregnet fra Moum (1992). Som (a). Husholdninger inkluderer anvendelsen af biler.
- c) Statens energiverk (1989). Husholdninger inkluderer service.

I den svenske analyse falder den gennemsnitlige vækstrate i CO₂-emissionerne frem mod 2015 fra 3.4% til 0.8% i højvækstsforløbet og fra 1.9% til 0% i lavvækstsforløbet. Ca. 88% af faldet skyldes reduktion i CO₂-intensiteten i højvækstsforløbet. I lavvækstsforløbet er det tilsvarende tal ca. 63%. En meget betydelig del af reduktionerne kommer fra forsyningssektoren (se Tabel 5.3). Den væsentligste årsag til dette er at kulkondens udskiftes

med biomasse og vind. Anvendelsen af kul i 2015 antages i miljøforløbene at halveres i forhold til 1987. Dette skal ses i forhold til, at kulanvendelsen i basisforløbet forventedes at fordobles 3 til 7 gange. Vind og biomasse tilsammen forventes i miljøforløbet at stige med mellem 40 og 80%. Reduktionerne i transportsektoren vurderes til i lighed med den norske analyse at være af samme størrelsesorden som husholdningerne reduktioner. Industriens reduktioner er meget begrænsede. Dette skyldes antagelsen om, at den energiintensive industri ikke er underlagt CO₂-skatten.

5.2 Omkostninger

I dette afsnit skal omkostningerne i forbindelse med CO₂-reduktionerne i de nordiske lande vurderes og sammenlignes. Inden vi gør dette, skal omkostningsbegreberne imidlertid først defineres nærmere.

En væsentlig skillelinie findes mellem *totale* og *marginale* omkostninger. Disse to begreber kan igen opdeles i en bottom-up fortolkning og en top-down fortolkning. De totale omkostninger vil ud fra en bottom-up fortolkning udgøres af en samlet vurdering af ændringen i de energirelaterede omkostninger fra et basisforløb til et miljøforløb. Disse omkostninger vil hovedsageligt bestå af omkostninger forbundet med at skifte fra en teknologi til en anden. Her tænkes f.eks. på skift til ikke-fossile teknologier i forsyningssektoren og energibesparende investeringer i industrien og husholdningerne. Fordelen ved denne opgørelsesmetode er, at den giver et meget klart og detaljeret billede af de samlede teknologiske muligheder. Ulempen er at metoden ikke er i stand til at vurdere de makroøkonomiske effekter af de relevante tiltag.

De totale omkostninger vil fra en top-down synsvinkel typisk beregnes som tab i BNP, privat forbrug eller en anden makroøkonomisk variabel der kan tages som mål for økonomiens samlede velfærd. Ideelt set må dette betragtes som det bedste mål for effekten af en CO₂-reducering, idet de samlede dårlige og gode effekter af teknologiskiftene indregnes. Teknologiopfattelsen i top-down modeller (makro-modeller, CGE-modeller osv.) er imidlertid så forskellig fra bottom-up modellernes opfattelse, at en egentlig sammenligning er vanskelig.

I bottom-up-modeller tages udgangspunkt i ekspertforventninger angående udviklingen i klart identificerbare teknologier. I top-down studier foretages en "økonometrisk estimation" eller "kalibrering" af teknologien. Disse metoder er grundlæggende *bagudskuende*, og kendetegnet ved at teknologi kan erkendes under den abstrakte samlebetegnelse "kapitalapparat". Ved en økonometrisk estimation beregnes det hvordan "kapitalapparatet" (teknologiens samlede økonomiske værdi) i de enkelte sektorer må have indgået i sektorernes "produktionsfunktioner" (abstrakt, som regel ikke-lineær, sammenhæng mellem input og output) givet en bestemt historisk udvikling og givet visse antagelser om virksomhederne og husholdningernes adfærd. De derved estimerede sammenhænge benyttes derefter til fremskrivninger, idet det antages, at produktionsfunktionen er stabil over tid. Ved en kalibrering er ideen den samme, bortset fra at afsløringen af

produktionsfunktionen sker på basis af et tidspunkt, mens økonometrisk estimation foregår på basis af en længere historisk tidsrække. Den grundlæggende antagelse er altså, at de teknologiske sammenhænge i fremtiden er som i fortiden. Fordelen ved bottom-up modeller er, at denne antagelse behøves i langt mindre grad end i top-down modellerne. Bottom-up modeller er "konkrete" og "teori-lette" og kommer derfor med umiddelbart forståelige resultater. Men dette er netop også deres svaghed. En bottom-up model, der kunne analysere de samme makroøkonomiske sammenhænge som en typisk top-down model, ville være umådelig stor og uhåndterlig.

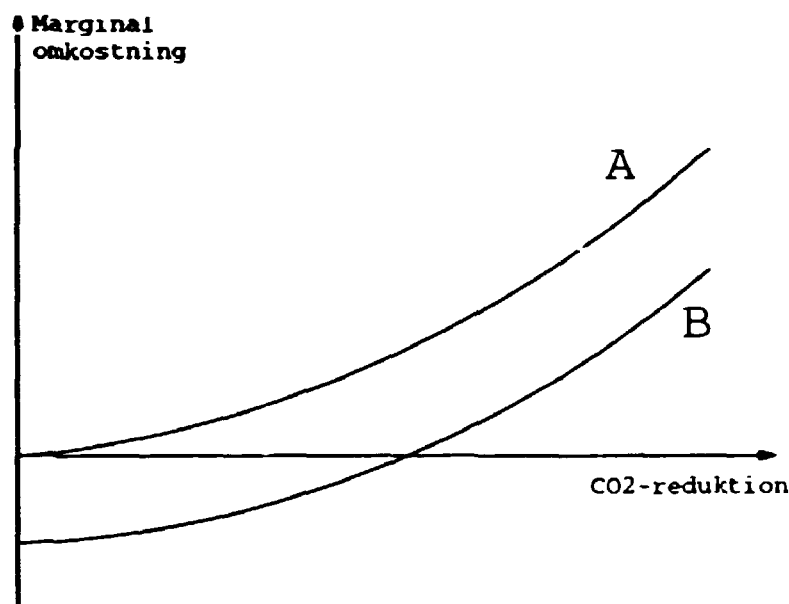
De marginale omkostninger findes også i en bottom-up og en top-down variant. I en top-down model er den marginale omkostning forbundet med en given CO_2 -reduktion givet ved den CO_2 -skat, økonomien skulle underlægges for at opnå reduktionen. Antages det nemlig, at alle sektorer opfører sig optimalt, vil alle sektorer vælge at reducere CO_2 , indtil de individuelle marginale omkostninger netop er lig CO_2 -afgiften. I en bottom-up model vil man typisk rangordne de betragtede CO_2 -besparende teknologier efter deres CO_2 -reduktionsomkostninger, hvor den enkelte teknologis CO_2 -reduktionsomkostning er givet ved den meromkostning, den nye teknologi afstedkommer relativt til den, den erstatter, delt med den mængde CO_2 den nye teknologi undgår relativt til den gamle teknologi. Ved en given CO_2 -reduktion er det samlede systems marginale omkostning givet ved den marginale teknologis CO_2 -reduktionsomkostning - dvs. omkostningerne forbundet med den teknologi, der er dyrest at implementere målt pr. enhed CO_2 .

I teorien er de to definitioner på marginale omkostninger ens. I praksis kan der imidlertid være en tendens til at bottom-up analysers marginale omkostninger er lavere end i top-down analyser. Dette skyldes eksistensen af de såkaldte "no regret options" eller negative reduktionsomkostninger. I følge teorien er den marginale omkostning ved at reducere én enhed CO_2 i en økonomi, hvor der ikke er nogen CO_2 -restriktioner, lig nul. Det indlysende økonomiske argument er, at hvis CO_2 er et frit gode er prisen på det lig nul, og givet industriens og husholdningernes optimale adfærd, vil den marginale omkostning ved at reducere en enhed CO_2 da netop være nul. Denne opfattelse (ofte kaldet "no free lunch") udgør typisk grundlaget for top-down modellers beregning af den marginale omkostning (CO_2 -skatten), og den marginale omkostningskurve vil derfor gå i gennem (0,0) for derefter at vokse mere og mere jo højere mængden af reduceret CO_2 er (se Figur 5.3. Kurven A).

Som et paradoks til denne opfattelse står adskillige bottom-up studier, der viser, at CO_2 -reduktionsomkostningerne ofte er negative (se Figur 5.3. Kurven B). Reduktionsomkostningerne er negative, hvis det er privatøkonomisk rentabelt at udføre en CO_2 -reducerende investering (f.eks. energibesparelse eller omlægning af forsyningssystemet). Paradokset består i spørgsmålet: hvorfor er investeringen ikke udført, når den tilsyneladende er rentabel?

Fortalere for top-down modeller vil forklare problemet med at bottom-up modellers opfattelse af hvad der er privatøkonomisk rentabelt er for snævert således at en række "hidden costs" overses. Dette kan være specielle forhold på de finansielle markeder, træg tilpasning på grund af installationsomkostninger, oversete afhængigheder mellem de enkelte teknologier m.m.

Fortalere for bottom-up modellerne vil typisk fremføre, at det grundlæggende optimalitets-kriterie i top-down modeller er for restriktivt, og at negative reduktionsomkostninger simpelt hen er udtryk for at markederne ikke arbejder så perfekt som antaget i teorien, og at der derfor eksisterer talrige eksempler på "free lunches" - dvs. oversete rentable investeringer. I relation til energibesparelser i industrien kan der f.eks. gives eksempler på, at sektorer med lille energintensitet tillægger energi så lille vægt, at oplagte energibesparelser overses med vilje - for at spare tid.



Figur 5.3 Marginale omkostninger.

I to af de her betragtede studier er de totale omkostninger opgjort ved bottom-up metoden. Det gælder det danske BRUS-studie⁹ og det svenske "miljøanpassede energiscenarier"¹⁰. Der er en vis sammenlignelighed i de 2 studier fordi begge studier fører til en langsigtet halvering af CO₂-emissionerne relativt til referencen. Som vi skal se, er der umiddelbart meget stor forskel mellem de to landes omkostninger. En nærmere sammenligning af de to lande kan imidlertid betragtes som et case-study i betydningen af negative reduktionsomkostninger. Det viser sig nemlig, at hele forskellen kan forklares ved de to analysers behandling af disse negative omkostninger.

⁹ Morthorst (1993).

¹⁰ Statens energiverk (1989).

I det svenske studie vurderes de totale årlige omkostninger til at være 2-3 mia. svenske 1987-kroner i perioden 1995-2000. Dette svarer til 0.25% af det svenske BNP fra 1987 (analysens begyndelsesår). I perioden 2000-2010 stiger omkostningerne for i år 2010 at nå 25-30 mia. i højvæksttilfældet og 7-12 mia. i lavvæksttilfældet. Antager vi, at den svenske økonomi følger en bane, der ligger midt mellem det høje og det lave forløb, vil de langsigtede årlige totale omkostninger være 16-21 mia. svenske 1987-kroner. Dette svarer til 1.6-2.1% af det svenske BNP i 1987.

I det danske studie vurderes de totale årlige omkostninger i perioden 1992-2005 til at være -1.1 mia. danske 1980-kroner og i perioden 2005-2030 til at være 1.2 mia. danske 1980-kroner. Dette svarer til, at de årlige totale omkostninger på kort sigt udgør -0.24% og på langt sigt 0.26% af det danske BNP i 1992 (målt i 1980-priser).

Målt i forhold til analysernes begyndelsesårs BNP ses det, at de danske langsigtede årlige omkostninger er næsten identiske med de kortsigtede svenske omkostninger. På langt sigt er de svenske omkostninger 6-8 gange højere end de danske. På kort sigt er de negative reduktionsomkostninger så dominerende i det danske studie, at de totale omkostninger bliver negative.

Måles de totale omkostninger i forhold til den reducerede mængde CO₂, fås et lignende billede, omend forskellen mellem de to lande er lidt mindre. I 2015 vil de svenske omkostninger ved at reducere 41-50% i forhold til referencen være 310-372 svenske 1987-kroner pr. ton CO₂ i højvækstsforløbet (50% reduktion) og 162-278 SEK/ton CO₂ i lavvækstsforløbet (41% reduktion). I 2030 vil de danske omkostninger ved at reducere 50% i forhold til referencen være 40 danske 1980-kroner pr. ton CO₂. Dette svarer til ca. 60 svenske 1987-kroner pr. ton CO₂¹¹. Målt i forhold til den reducerede mængde CO₂ er de langsigtede svenske omkostninger derfor 3-6 gange højere end de danske.

Metodemæssigt adskiller de to landes analyser sig i behandlingen af de førømtalte negative reduktionsomkostninger. I den svenske model er de rentable reduktionsinvesteringer gennemgående lagt ind i basisscenariet. Dette skyldes, at den svenske model på trods af den ikke er en optimeringsmodel, søger at generere et system der er tilnærmet optimalt. Dette fremgår også af, at de svenske MARKAL-kørsler giver resultater, der ligger rimeligt tæt på "miljøanpassede energiscenarier" (jf. kapitel 4). Som et eksempel kan nævnes, at ikke-kulbaseret kraftvarme er indlagt i basisscenariet i den udstrækning, den kan konkurrere med kulbaseret kraftvarme.

I den danske analyse dannes basisscenariet ud fra "realistiske vurderinger". Der optræder derfor flere eksempler på rentable reduktionsinvesteringer, der ikke er lagt ind i basisscenariet. Det klareste eksempel på dette er tilslutningen til eksisterende gas- og fjernvarmenet. Der er indlagt en betydelig tilslutning til disse net i basisscenariet, men potentialet er ikke

¹¹ Omregnet ved hjælp af udviklingen i det danske forbrugerindeks fra 1980 til 1987 og vekselkursen i 1987.

antaget udnyttet fuldt ud på trods af, at det er meget rentabelt. Dette skyldes en økonomisk vurdering af, at økonomiske incitamenten kun fører til en delvis udnyttelse af potentialet og en politisk vurdering af, at tvungen nettilslutning kun er muligt i en vist omfang.

For at kunne vurdere betydningen af disse forskellige analytiske indfaldsvinkler har vi forsøgt at lægge de negative reduktionsinvesteringer i den danske analyse ind i basisforløbet. Det skal understreges, at det følgende blot er et regneeksempel, idet en egentlig kørsel med BRUS-modellen ikke er foretaget. Lad os antage, at alle reduktionstiltag, der på langt sigt har en omkostning på mindre end -100 DKK/ton pr. ton reduceret CO₂, er udført i basisforløbet. For basisforløbet indebærer dette en stigning i samtlige sektors energibesparelser, en større anvendelse af kraftvarme og større tilslutning til gas- og fjernvarmenettene (de første 7 langsigtede reduktionsfaktorer bliver overført til basisforløbet. Se afsnit 4.1). Basisforløbets CO₂-emissioner i 2030 falder med ca. 14%, samtidig med at miljøforløbets CO₂-reduktioner falder med 50-14 = 36 procentpoints svarende til, at miljøforløbets reduktion relativt til det "nye basisforløbet" er faldet til ca. 42%. Ved at summere over de marginale omkostninger for de i miljøforløbet tilbageblevne CO₂-reduktionsfaktorer kan det beregnes, at de totale årlige omkostninger ved denne reduktion på 42% er 5.3 mia. danske 1980-kroner. Dette svarer til en stigning på næsten 5 gange i forhold til den oprindelige beregning, hvor de langsigtede årlige omkostninger var angivet til 1.2 mia. kroner. Omkostningernes andel af BNP vokser fra 0.26% til 1.1%, og omkostningen målt pr. enhed reduceret CO₂ vokser til 378 svenske 1987-kroner pr. ton CO₂.

Sammenlignes med de svenske resultater (se Tabel 5.4), ses at god overensstemmelse opnås mellem landenes resultater. Målt i forhold til BNP ligger de svenske omkostninger højt, og målt pr. enhed CO₂ ligger de lavt. Ud fra de foreliggende data kan man derfor vanskeligt argumentere for, at det ene land har højere omkostninger end det andet. Derimod kan man konkludere at de totale omkostninger målt pr. enhed reduceret CO₂ synes at være af samme størrelsesorden i de to lande.

Sammenlignes det nuværende svenske og danske energisystem, kan en sådan konklusion virke overraskende, idet de to systemer er ret forskellige. I basisforløbene vil de to landes systemer imidlertid komme til at ligne hinanden mere på grund af den svenske udfasning af kernekraft og indfasning af kulbaseret el- og kraftvarmeproduktion. De langsigtede reduktioner foretages derfor i systemer, der har en vis lighed. Samtidig har de benyttede reduktionsstrategier en vis lighed i de to lande, idet indfasning af vindkraft og biomasse spiller væsentlige roller i begge lande. Ovenstående bottom-up modeller kan beskrives som simuleringsmodeller, idet den grundlæggende teknik består i at simulere systemets enkelte dele for derefter at opbygge et billede af, hvorledes det samlede system udvikler sig. Der er ikke opbygget modeller af denne type i Norge og Finland. Til gengæld findes i begge lande bottom-up modeller, hvis grundlæggende modelleringsprincip er optimering. I Norge er opbygget en MARKAL-model (Unander, 1993) og i Finland en EFOM-model (Lehtila and Pirila, 1993). Begge modeller er optimeringsmodeller for energi-sy-

Tabel 5.4 Langsigtede årlige CO₂-reduktionsomkostninger.

Samlede årlige omkostninger	Danmark [*] med "no regrets"	Danmark ^{**} uden "no regrets"	Sverige høj vækst	Sverige lav vækst
I alt (mia.kr.) ^a	1,1	5,3	25-30	7-12
Andel af BNP (%) ^b	0,26	1,1	2,5-2,9	0,7-1,2
Pr. enhed CO ₂ (kr.) ^c	60	378	310-372	162-278
Reduktion (%) ^d	50	42	50	41

Noter:

- * Miljøforløb med negative reduktionsomkostninger. Oprindelige BRUS-kørsel.
- ** Miljøforløb uden negative reduktionsomkostninger, der giver et afkast på over 100 danske 1980-kroner pr. reduceret enhed CO₂. Regneeksempel.
- a) Mia. kroner. Landets valuta. Danmark: 1980-priser. Sverige: 1987-priser.
- b) Omkostningernes procentandel af BNP i analysernes begyndelsesår (Danmark: 1992, Sverige: 1987)
- c) Svenske 1987-kroner pr. ton reduceret CO₂.
- d) Procent. Reduktion i forhold til basisforløb.

stemet (MARKAL er lavet i IEA-regi og EFOM er lavet i EU-regi).

I det af de norske forløb der giver anledning til den største reduktion, reduceres emissionerne med 20% i år 2030 i forhold til 1990-emissionerne. Dette svarer til en reduktion på 41% i forhold til basisforløbet. Ud fra de angivne omkostninger kan det beregnes at den gennemsnitlige årlige meromkostning i perioden 2005-2030 ved denne reduktion er 11.6 mia. NOK 1990-kroner. Målt i forhold til den reducerede mængde CO₂ i 2030 og omregnet til svenske kroner fås 479 SEK i 1987-priser. Målt i forhold til begyndelsesårets BNP udgør omkostningerne 1.75%. Dette resultat ses at være i samme størrelsesorden som i den svenske analyse. Omkostningerne pr. reduceret enhed CO₂ er høje relativt til Danmark og Sverige. En sandsynlig forklaring på dette er høje omkostninger i den norske transportsektor. I 2030 antages det, at kun ca. 25% af vejtrafikkens energiforbrug dækkes af oliebasebrændsler. Resten dækkes af methanol fra biomasse, el og brint. Dette er et meget mere vidtgående reduktionstiltag end anvendt i de danske og svenske analyser (i den danske analyse er trafiksektoren slet ikke inddraget i analysen).

I den finske EFOM-kørsel beskrives et forløb hvor CO₂-emissionerne i 2020 reduceres med 47% i forhold til basisforløbet (hvor kernekraft holdes på nuværende niveau). De årlige gennemsnitlige omkostninger ved denne reduktion vurderes til ca. 2 mia. 1990-FIM. Dette svarer til 0.38% af det finske BNP i 1990 eller ca. 49 FIM pr. reduceret ton CO₂ i år 2020. Målt i svenske 1990-kroner svarer dette til 77 SEK/ton reduceret CO₂. Disse omkostninger ses at være betydeligt under det danske og svenske omkostningsniveau på 3-400 kr./ton reduceret CO₂. Årsagen er igen de negative reduktionsomkostninger. Der er så betydelige negative reduktionsomkostninger i EFOM-kørslen, at f.eks. en reduktion af emissionerne på 20% relativt til basisforløbet vurderes til at kunne gennemføres således, at de

totale omkostninger er negative. Dette gør sig også gældende i en dansk EFOM-kørsel (Grohnheit, 1992). I denne beskrives et forløb, hvor CO₂-emissionerne i 2010 reduceres med 42% relativt til basisforløbet. De gennemsnitlige årlige omkostninger i dette forløb kan beregnes til ca. 0.5 mia. danske 1988-kroner, svarende til 19 DKK/ton reduceret CO₂. Dette indikerer, at de danske omkostninger må vurderes til at være betydeligt lavere end de finske, og at EFOM-modellernes resultater er vanskelige at sammenligne med de andre modeller på grund af de negative reduktionsomkostninger indflydelse på resultaterne.

I Tabel 5.5. er de totale top-down-omkostninger ved indgåelse af en international klimaaftale beskrevet. På mellemlangt sigt (2000-2005) ses det, at BNP-tabet typisk er mindre end 0.5%. På længere sigt er BNP-tabet i Finland og Norge noget højere (hhv. 1.3% i 2010 og 3.2% i 2025). CO₂-reduktionerne på mellemlangt sigt er ret forskellige - høje i Danmark og Sverige og lave i Finland og Norge. De lave emissionsreduktioner i Finland kan forklares ved en relativt lav skat af EU-typen på 4 FIM/GJ plus 52 FIM/ton CO₂. I Norge antages CO₂-skatten at være ca. dobbelt så stor som i Danmark. På trods af dette opnås ret beskedne reduktioner. Den svenske skat ligger imellem den danske og norske og fører procentvis til reduktioner, der ligger mellem de to landes reduktioner.

Tabel 5.5 Makroøkonomiske tab ved international klimaaftale.

	Danmark 2005 ^a	Finland 2000 ^b	Finland 2010 ^c	Norge 2000 ^d	Norge 2025 ^e	Sverige 2000 ^f
BNP-tab	0,3	0,1	1,3	0,5	3,2	0,3
Forb.-tab ¹	0,3	-	-	0,9	7,7	-
CO ₂ -reduk. ²	25,0	3,4	17,6	7,0	58,7	16,7
CO ₂ -skat ³	300	52	-	600	1330	498

Kilde:

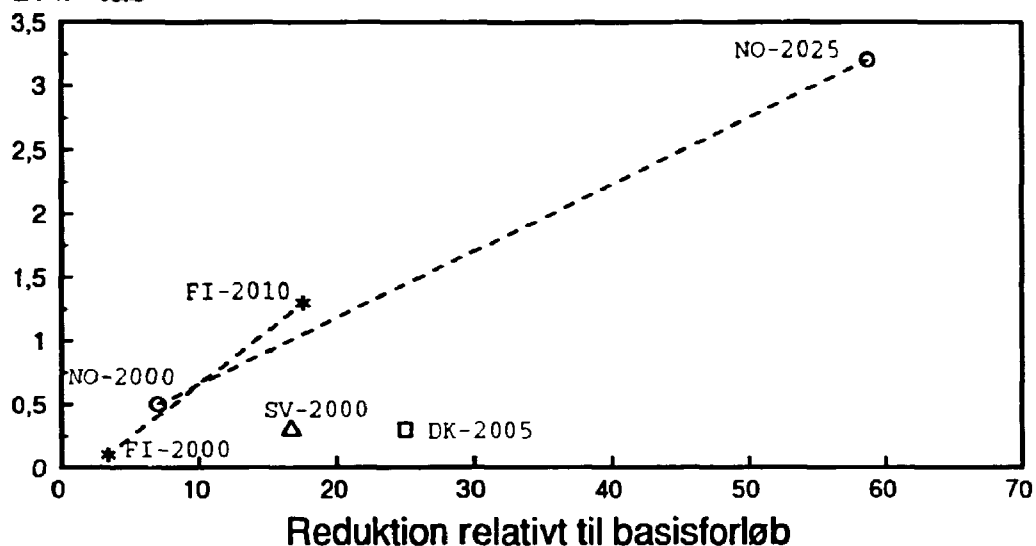
a) DØR (1993). (b)-(c) Mäenpää & Ellison (1993). (d)-(e) Moum (1992). (f) Bergman (1992).

Noter:

- 1) Tab i privat forbrug.
- 2) Reduktion i forhold til basisforløb.
- 3) Målt i landenes egen valuta. Danmark: 1992-priser. Finland: 1990-priser. Norge: 1988-priser. Sverige: 1985-priser.
- *) Skatten består af en kombineret energi- og CO₂-skat : 4 FIM/GJ + 52 FIM/ton CO₂.

Analyserne for det mellemlange sigt er for Danmark, Norge og Sverige rimeligt sammenlignelige: for alle tre analyser gælder det nemlig, at forsyningssystemet spiller en begrænset rolle i CO₂-reduktionerne. Dette skyldes for den danske analyses vedkommende antagelsen om, at forsyningssystemets produktionsstruktur ikke ændres. I Norge og Sverige skyldes det, at de relativt CO₂-fri forsyningssystemer ikke oplever kapacitets-

BNP-tab



Figur 5.4 BNP-tab og reduktion i forhold til basisforløb.

problemer på denne side af århundredeskiftet. I Sverige fortsætte kernekraft med at eksistere til 2010, og i Norge er der rigelig vandkraft frem til år 2000. Derfor påvirkes elprisen ikke af en CO₂-skat i Norge og Sverige.

De tre analyser har altså det til fælles, at det er ændringer i energi efterspørgslen, der har hovedansvaret for CO₂-reduktionerne, og konklusionen må være, at denne efterspørgsel på mellemlangt sigt er mest påvirkelig af en CO₂-skat i Danmark og mindst i Norge. Det forhold, at elprisen i Norge og Sverige ikke påvirkes af CO₂-skatten på mellemlangt sigt, modsat for Danmarks vedkommende, kan medvirke til at forklare hvordan Danmark kan reducere så kraftigt med så lav CO₂-skat. En mulig forklaring på, at de norske emissioner er så upåvirkelige relativt til de danske og svenske, kan være, at både den danske og svenske model er en CGE-model, mens den norske MODAG-model er en makromodel. I CGE-modeller antages fuld tilpasning på alle markeder, mens i en makroøkonomisk model af MODAG-typen er ideen, at økonomiens manglende evne til at tilpasse sig på kort og mellemlangt sigt inddrages i modelleringen.

Skulle man forsøge at drage en konklusion ud fra tallene i Tabel 5.5 og Figur 5.4 (med ovenstående reservationer i baghovedet), må det være at Norge og Finland har de højeste makroøkonomiske tab, at Danmark har de laveste, og at Sverige ligger midt imellem Finland/Norge og Danmark. En oplagt forklaring på denne rangordning er energiintensiteten, idet Finland har den højeste energiintensitet, og Danmark har den laveste. Sverige og Norge ligger på nogenlunde sammen niveau mellem Finland og Danmark (se kapitel 3). I Norge vil en international drivhusgasafteale have en betydelig ekstra effekt gennem ændrede indtægter fra olieeksporten. Dette kunne forklare, at Norge har højere BNP-tab end Sverige på trods af, at deres energiintensiteter er nogenlunde ens.

Som nævnt tidligere kan CO₂-skatten ses som et overslag over den enkelte økonomis marginale omkostning ved den givne reduktion. På mellemlangt sigt tyder Tabel 5.5 på, at de marginale omkostninger i Norge ligger på det

højeste niveau og, at Danmarks ligger på det laveste niveau. I den norske analyse angives 600 NOK som et højt skøn for en globalt CO₂-stabiliserende skat i år 2000. I Kaya et al. (1993) gives en oversigt over en række verdensmodellers beregnede CO₂-skatter i forbindelse med stabilisering af de globale CO₂-emissioner. For OECD-området ligger skatten i år 2000 typisk i intervallet 90-140 US\$ pr. ton carbon, hvilket svarer til 153-239 1990-NOK pr. ton CO₂. Ved en afgift i denne størrelsesorden vil Danmark reducere sine emissioner i forhold til 1990, mens resten af landene vil forøge emissionerne i forhold til 1990. Antages det, at en stabilisering af emissionerne i OECD-området indebærer en CO₂-skat på 153-239 1990-NOK i år 2000 kan det konkluderes, at de danske marginale omkostninger ved at stabilisere emissionerne ved århundrede-skiftet ligger under gennemsnittet for OECD, mens Finland, Norge og Sveriges marginale stabiliseringsomkostninger ligger over OECD-gennemsnittet.

Hvis Finland, Norge og Sveriges marginale omkostninger ved en stabilisering af CO₂-emissionerne på mellemlangt sigt ligger over OECD's gennemsnit, er det i disse landes interesse, at en international drivhusgasaftale baseres på en omkostningseffektiv fælles CO₂-skat, og ikke f.eks. et system af nationale kvoter. En omkostningseffektiv gennemførelse af en stabiliseringsmålsætning for OECD-området på mellemlangt sigt ville indebære at de lande der har marginale omkostninger under gennemsnittet skal reducere, mens lande der har marginale omkostninger over gennemsnittet kan tillades en vis vækst i CO₂-emissionerne på mellemlangt sigt.

6 Principper for omsættelige kvoter for drivhusgas-emission set i forhold til de nordiske landes interesser

Formålet med dette kapitel er, i oversigtsform, at behandle nogle af de vigtigste aspekter ved omsættelige drivhusgas-emissionskvoter (i det følgende ofte blot omtalt som kvoter) i forhold til de nordiske landes interesser i drivhusgasaftaler. I kapitlet vil der kun blive diskuteret CO₂-kvoter, selvom dette naturligvis kun er en del af drivhusgasserne. Dette skyldes især, at CO₂ udgør langt den største andel af drivhusgasserne. Det er på den anden side klart, at hvis der kun fokuseres på CO₂, mistes nogle aspekter.

Indledning

Omsættelige kvoter for drivhusgasreduktioner kan anvendes som en økonomisk reguleringsmekanisme, som sikrer allokering af reduktioner mellem landene på en omkostningseffektiv måde. En omsættelig kvote for drivhusgas-emission kan opfattes som et system af rettigheder, der giver indehaveren tilladelse til at emitte en given mængde drivhusgas indenfor en periode. I det omfang der er økonomiske omkostninger forbundet med reduktion af drivhusgasser, og hvis klimakonventionen lægger op til forpligtende reduktion, vil omsættelige kvoter have en positiv økonomisk værdi.

Omsættelige kvoter er en omkostnings-effektiv (cost-effective) mekanisme, d.v.s. at reduktionen sker til de mindst mulige økonomiske omkostninger for de involverede lande set under et. Dette skyldes, at et kvotesystem vil tendere mod ens marginale omkostninger mellem forskellige lande i kraft af muligheden for at omsætte kvoterne (GEF 1992).

For en oversigt over og diskussion af virkemidler til begrænsning af CO₂ henvises til Nordisk Ministerråd (1992). Omsættelige CO₂-kvoter har en række karakteristika. De vigtigste aspekter i forbindelse med kvoter er:

- Initial fordeling af kvoter.
- Regler for handel med kvoter.
- Kontrol af emission i forhold til kvoter.
- Sanktion i forbindelse med overskridelse af kvoter.

Der er i dag ingen legal baggrund for omsættelige kvoter i klimakonventionen. Konventionen omtaler dog, at reduktioner kan foregå, som en aftale mellem en række parter i form af "joint-implementation" projekter (se kapitel 2). Hvis mange parter deltager samtidig i "joint-implementation" projekter og der derved skabes en form for marked for projekter, vil en "joint-implementation" mekanisme kunne have en lighed med et kvotesystem, idet emissions reduktioner udveksles mellem landene på basis af forskelle i marginale reduktionsomkostninger (OECD 1993).

Det særlige karakteristika ved anvendelse af omsættelige kvoter som økonomisk reguleringsmekanisme sammenlignet med andre økonomiske mekanismer er, at kvoterne repræsenterer en initial fordeling af emissionsrettigheder, som modsvarer økonomiske ressourcer. Dermed rejser fordelingen af CO₂-kvoter en række store problemer omkring hvordan en retfærdig fordeling mellem forskellige aktører udformes. Sådanne aktører omfatter både personer, virksomheder, regioner og lande.

Kvoter indebærer desuden – i kraft af problemets globale aspekt – internationale aftaler og bestemmelser om hvordan kontrol og sanktionsmuligheder skal udføres. Kontrollen af emissionen er i sig selv et aspekt med betydelige tekniske problemer. Sanktioner mod en overskridelse af en CO₂-kvote er imidlertid et endnu mere kompliceret forhandlingsproblem mellem nationer.

For at kvoter for emission af drivhusgasser, skal have en betydelig effekt er det en betingelse, at kvoterne kan handles på en eller anden form for marked. Handlen med kvoter må kunne finde sted mellem aktørerne, d.v.s. mellem enkeltvirksomheder eller lande. Der er ud fra et forurenings-bekæmpelsessynspunkt ingen problemer i dette, da drivhusgasser har en global effekt. Der vil altså ikke være geografiske enkeltområder, som får større- eller mindre fordel af nationalt specifikke drivhusgasreduktioner, hvilket har været et problem, når omsættelige forureningstilladelser har været anvendt til reduktion af forsurende emissioner. Set ud fra et fordelings- eller retfærdighedssynspunkt tager problemer sig dog anderledes ud. Her må fordelingen og muligheden for handel med kvoterne give anledning til betydelig overvejelser.

Formålet med omsættelige CO₂-kvoter er først og fremmest at mindske emissionerne samtidig med at dette gøres på en omkostnings-effektiv måde. Dette hensyn vil imidlertid komme i konflikt med forskellige fordelingsmæssige interesser vedr. national og international fordeling af indkomster og formue. Disse fordelingsproblemer vil i det følgende blive belyst med udgangspunkt i de nordiske landes interesser i forskellige principper for fordeling af CO₂-kvoter.

Fordeling af CO₂-kvoter

Der findes er en række forskellige forslag til at foretage en fordeling af omsættelige CO₂-kvoter mellem forskellige lande. Følgende er nogle eksempler hvad en kvote-fordeling kan tage udgangspunkt i:

- Befolkning.
- BNP.
- Ressourcegrundlag for energisystemet.
- Hidtidige emissioner.
- Privat forbrug.

Ovenstående er nogle af de mest almindelige forslag til kriterier for en initial fordeling af CO₂-kvoter. Desuden findes der eksempler hvor to forskellige kriterier er kombineret, f.eks. en allokering relateret til en sammenvejning af befolkningen og BNP, se f.eks. Bohm & Larsen (1994).

Ved fastlæggelse af kvoter indgår der grundlæggende to størrelser: CO₂-emissionen opgjort over en given historisk eller fremtidig tidshorisont og en "kvote-tildelings" faktor, f.eks. BNP. De to størrelser har hver deres karakteristika: CO₂-emissionen er, for hver periode, en fast opgjort faktor. Det er naturligvis oplagt, at der kan opstå problemer med opgørelsen, men metoden er ligefrem. Et andet problem er, hvis der skal foretages frem-skrivninger af emissionen, fordi kvoterne ønskes fastsat i forhold til den fremtidige "base-line" udvikling. I dette tilfælde arbejdes der med et frem-tidigt basis forløb ud fra hvilket kvoterne skal fastsættes.

For selve tildelingen af kvoter er der derimod langt fra oplagt hvilken faktor der skal vælges. Det almindelige udgangspunkt er, at der skal skabes en fair fordeling af kvoterne og at det system, der anvendes til at fordele kvoter med derfor skal tage hensyn hertil. En fair fordeling tager typisk udgangspunkt i, at den der emitterer CO₂ også må betale for emissionen.

På forhånd vil det gælde, at en opgørelse, der følger befolkningen – en pr. capita-tildeling af kvoter – vil stille u-landene relativt bedst. Specielt vil overgangsøkonomier, som de østeuropæiske lande blive stillet ringe p.g.a. en stor CO₂-intensitet. For en fordeling pr. capita af kvoter taler fremfor alt fairness-kriteriet.

Regler for handel med kvoter, markeder for CO₂-kvoter

Etablering og opretholdelse af et marked for CO₂-kvoter er et problem der er uafhængigt af fordelingen af CO₂-kvoter. For at et CO₂-kvotesystem skal virke som andet end simpel reguleringsmekanisme i de enkelte lande og dermed nærmest per definition ikke være omkostnings-effektivt, er det afgørende at der etableres velfungerende institutionelle rammer igennem hvilke CO₂-kvoterne kan formidles. Etablering af et sådan marked er imidlertid ingen selvfølge, der kræves en række forudsætninger. Den sandsynligvis vigtigste forudsætning er, at der finder en reel konkurrence sted på markedet, ellers vil karteller og monopollignende situationer kunne opstå. En række af problemerne med at etablere sådanne markeder bliver i

øjeblikket diskuteret i forbindelse med udarbejdelse af principper for "joint-implementation" projekter og i udformningen af klimakonventionens finansielle mekanisme, Global Environmental Facility (GEF 1992; GEF 1993; OECD 1993).

Kontrol og sanktioner

Hvis der indføres et omsætteligt CO₂-kvotesystem er det helt afgørende, at de faktiske emissioner kontrolleres. Denne kontrol skal nødvendigvis finde sted på samme niveau som aktørerne der må handle CO₂-kvoterne. Dette betyder en meget detaljeret kontrol af kvoterne, sandsynligvis på virksomhedsniveau. Det medfører i princippet, at emissionerne skal kunne kontrolleres/aflæses på samme måde som f.eks. el-forbruget. Denne kontrol skal kunne udføres på verdensplan. Det er oplagt, at der er et betydeligt incitament for de enkelte virksomheder til at omgå kontrolordningerne. Da det samtidigt kun i beskedent omfang er muligt, at foretage eksakte målinger af emissionen på samme måde som el-forbruget, betyder det at der fordres en vist samarbejde af virksomhederne omkring emissions-opgørelserne.

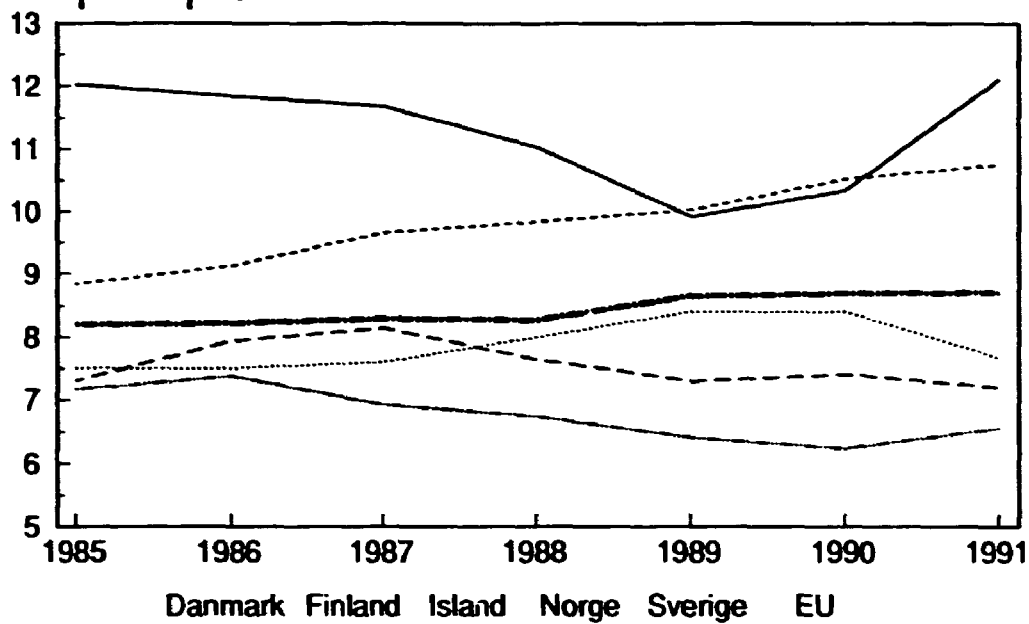
En traditionel måde, at imødegå den vanskelige kontrol er at foretage detaljerede stikprøveundersøgelser. Samtidig må det være en forudsætning, at overtrædelser af emissions-rettighederne medfører betydelige sanktioner i form af bøder og indgreb. Alt tyder på at den mest praktiske håndtering af kontrollen udføres af de enkelte lande eventuelt under overvågning af en international kontrolinstans. På denne måde vil det være det enkelte land, der skal stå til ansvar for eventuelle emissions-overskridelser. De enkelte lande vil således skulle erlægge bøder til den internationale kontrolinstans. Uanset hvilken konkret udformning der måtte vælges er det dog oplagt, at der fortsat vil eksistere betydelige problemer så længe den internationale kontrolinstans ingen egentlige magtmidler har til sin rådighed. I sin yderste konsekvens kræves en overnational myndighed, hvortil de enkelte lande har afgivet suveræniteten.

Eksempler på beregnede kvoter for de nordiske lande

Nogle af aspekterne omkring principper for initial fordeling af CO₂-kvoter kan illustreres v.h.a. data for de nordiske lande for de seneste år. For at få et indtryk af de nordiske landes situation i forhold til omverdenen er der i det følgende foretaget en sammenligning med EU-landene under ét (I EU-tallene indgår Danmark også). Der er valgt en periode fra 1985 til 1991 til at illustrere nogle af de perspektiver der er. Forløbene over perioden giver i sig selv anledning til ikke uvæsentlige forskelle. Dette viser, at det har en stor betydning, hvilket udgangspunkt der måtte lægges til grund for kvoterne.

Forløbet over en så kort periode som 6-7 år giver i sig selv anledning til betydelig forskelle mellem de enkelte år. I Figur 6.1 er udviklingen i CO₂/capita for de nordiske lande i perioden 1985-1991 vist.

ton pr. capita

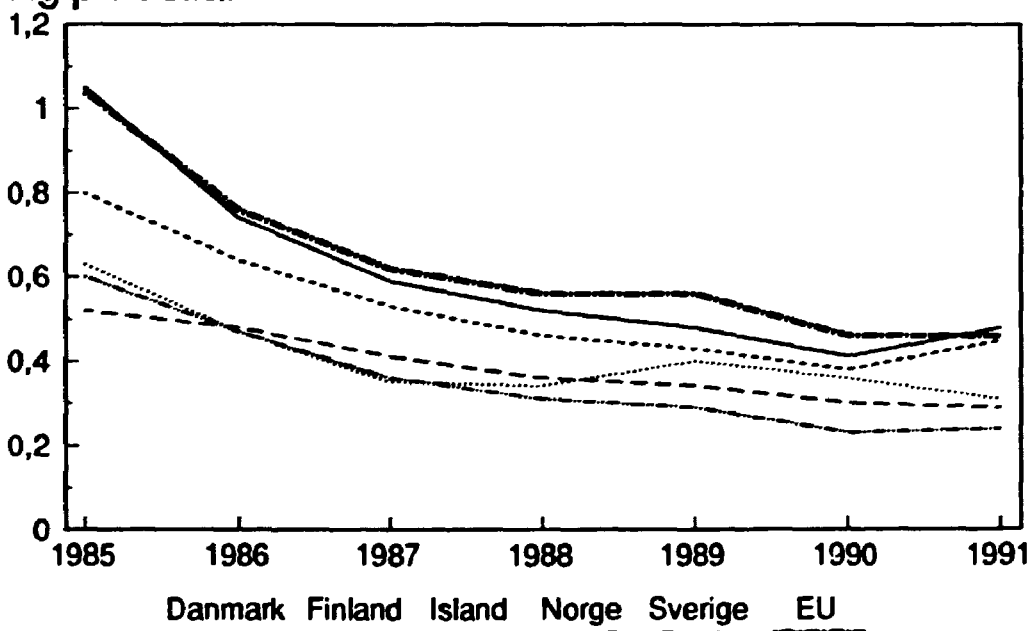


Figur 6.1 Carbondioxid-emissioner pr. capita (ton/capita) for Norden og EU.
Kilde: CEC (1993) og Statistisk Tiårsoversigt (1993).

Norge fremtræder som det mest stabile land i perioden. Finland udviser som det eneste af landene en tydelig stigende tendens i perioden, mens Danmarks har det største udsving.

Betragtes tilsvarende udviklingen i CO₂/BNP fås et andet billede, dette ses i Figur 6.2.

Kg pr. dollar



Figur 6.2 Carbondioxid-emissioner pr. BNP (kg/løbende \$) for Norden og EU.
Kilde: CEC (1993) og Statistisk Tiårsoversigt (1993).

Tendensen er klar: med undtagelse af Island er forholdet CO_2/BNP faldende fra 1985 frem til 1990. I 1991 sker der en stigning for Danmark og Finland, især p.g.a. ændringer i de respektive valutakurser.

Sammenlignes Figur 6.1 og 6.2, ses det at de nordiske landes interne rangordning er den samme i begge figurer: Danmark har de højeste emissioner, fulgt af henholdsvis Finland, Norge og Sverige. Dette er ikke særligt overraskende, idet befolkningstilvækst og levestandard minder meget om hinanden i de 5 nordiske lande.

Sammenlignes Nordens emissioner med emissionerne for hele EU-området ses det at det gør en betydelig forskel om emissionerne måles pr. BNP eller pr. capita. Målt pr. BNP, har de nordiske lande lavere emissioner end det gennemsnitlige europæiske niveau. Målt pr. capita, har Danmark og Finland højere emissioner end det gennemsnitlige europæiske niveau, mens Norge, Island og Sverige befinder sig på et lavere niveau end det gennemsnitlige europæiske. Dette kan især forklares ved at BNP pr. capita er lavere i EU end i Norden.

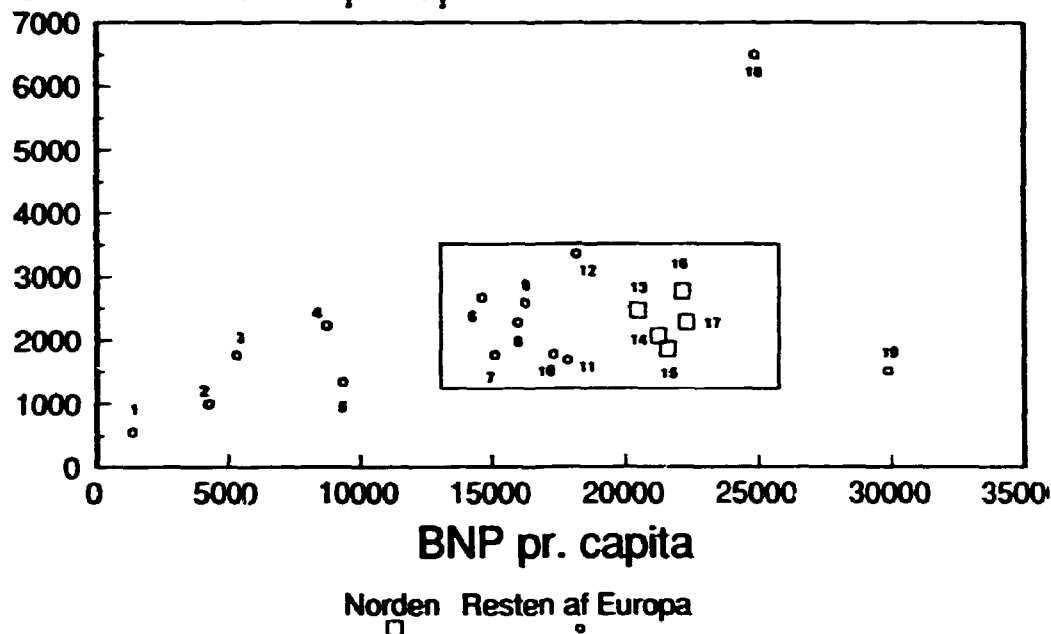
Forestillede man sig at de europæiske lande skulle reducere en given mængde CO_2 gennem en kvote-aftale, ville det principielt være i Nordens interesse at disse kvoter var relateret til BNP (og ikke befolkningsstørrelse). Dette skyldes at levestandarden i Norden er højere end den gennemsnitlige europæiske levestandard.

En anden måde at vurdere muligheder for kvoter på, er at se på ressourcegrundlag for energisystemet i de enkelte lande. Som det fremgår i bl.a. afsnit 3.1 i rapporten er der betydelige forskelle i de nordiske landes energisystem. Dette står i kontrast til de nordiske landes befolknings- og BNP-forhold, hvor der er en betydelig ensartethed.

Det må derfor forventes, at der er større nationale forskelle mellem de nordiske lande, hvis man tager ressourcegrundlag for energisystemet som basis for kvoter. En forenklet måde at illustrere sammenhængen mellem CO_2 -emissionen og ressourcegrundlag for energisystemet kan foretages ved at sætte andelen af fossilt energi - som udtryk for ressourcegrundlag for energisystemet - i forhold til emissionen. I det følgende sammenlignes de nordiske lande med en række andre europæiske lande.

Som udgangspunkt ses i Figur 6.3 på sammenhængen mellem CO_2 -emission pr. capita i forhold BNP pr. capita.

Carbon emission pr capita



Figur 6.3 Carbondioxid-emissioner pr. capita (kg) og BNP pr. capita (US\$) i Vesteuropa (1989). Kilde : Bohm & Larsen (1994).

I Figur 6.3 og 6.4 henviser tallene til følgende lande, idet de nordiske lande er angivet med firkantede kasser:

1	Tyrkiet	8	Holland	15	Sverige
2	Portugal	9	Belgien	16	Finland
3	Grækenland	10	Østrig	17	Norge
4	Irland	11	Frankrig	18	Luxembourg
5	Spanien	12	Tyskland	19	Schweiz
6	England	13	Danmark		
7	Italien	14	Island		

Det fremgår af Figur 6.3, at de nordiske lande er temmelig ensartede m.h.t. emission og BNP i forhold til befolkningstal. Desuden er en række af de mest velstillede EU-lande sammenlignelige med de nordiske lande, selvom deres BNP/capita er noget mindre. Tendensen er at disse lande ligger på en nogenlunde konstant CO₂-emission pr. capita i forhold til BNP/capita; dette er i figuren markeret med den store firkant. For de fattigere lande i Europa, herunder Tyrkiet, er der derimod tale om en tendens hvor emissionen stiger med stigende BNP.

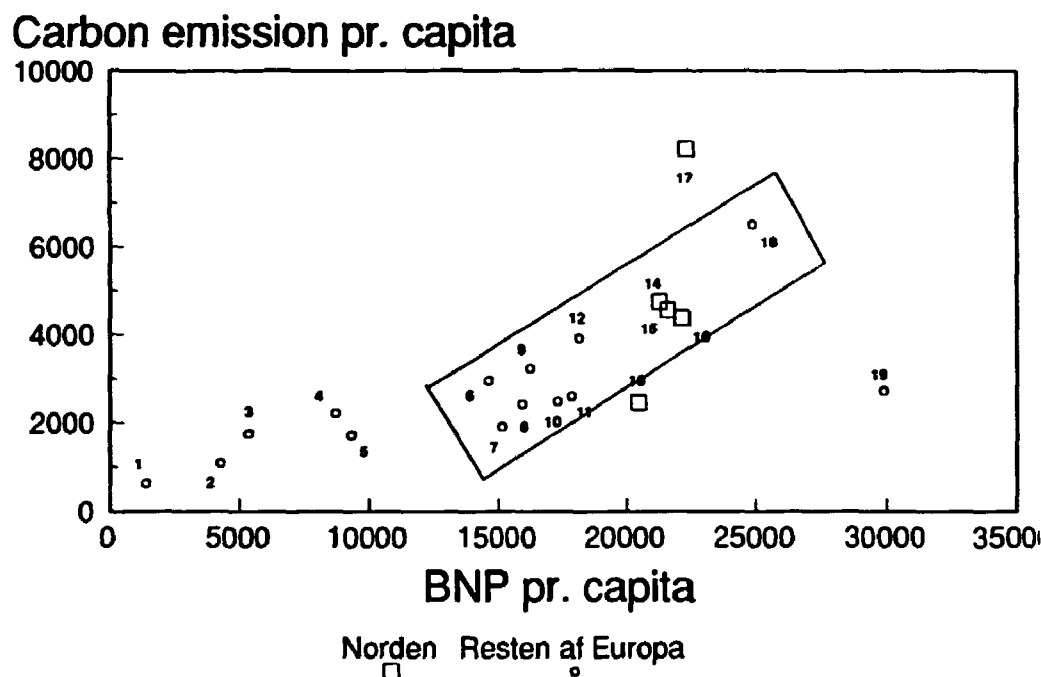
For at undersøge sammenhængen mellem carbondioxid-emission og BNP i forhold til ressourcegrundlag for energisystemet kan der foretages en korrektion for den fossile energiandel. Dette er gjort på følgende måde:

$$C' = \frac{C}{a},$$

hvor C er karbonemissionen, a er den fossile energis andel af den samlede energi og C' er den korrigerede karbonemission. Metoden giver et groft

skøn over hvad et lands emissioner ville have været hvis der kun benyttes fossil energi. Andelen a er beregnet ud fra Bohm & Larsen (1994). For de nordiske lande fås de fossile andele i 1989 til 28% for Norge, 63% for Finland, 41% for Sverige, 43% for Island og 100% for Danmark.

I Figur 6.4 er korrektionen vist for Norden og det øvrige Vesteuropa.



Figur 6.4 Carbondioxid-emissioner pr. capita (kg) og BNP pr. capita (US\$) i Vesteuropa (1989). Korrigeret for fossil energiandel.

I Figur 6.4 fremgår det, at billedet ændres betydeligt når korrektionerne for energiressourcer indføres, således har Norge i denne situation en af de største emissioner/BNP, mens Finland og Danmark ligger lavest af de nordiske lande. Som anført i kapitel 3 skyldes denne forskel mellem de nordiske lande mellem de to figurer 6.3 og 6.4, at Norge og tildels også Sverige har en høj energiintensitet, samtidig med at deres CO₂ emissioner i absolut mængde er små p.g.a. ikke fossile kilders store andel af energiforbruget.

Som det fremgår af ovenstående vil eventuelle CO₂-kvoteordninger have væsentligt forskellige konsekvenser for de nordiske lande. For at belyse disse forskelle er der foretaget en række beregninger på basis af datamaterialet i Bohm & Larsen (1994).

Beregningernes grundlæggende antagelse er at de samlede vesteuropæiske CO₂-emissioner skal reduceres med 20%. Med dette som udgangspunkt udføres 3 beregninger. For det første beregnes det hvilken CO₂/capita-kvote der skulle pålægges de 19 europæiske lande (en liste over disse lande findes ovenfor) for at opnå reduktionsmålsætningen. Det antages at kvoterne er ens i alle lande. Ved at multiplicere denne ens kvote med de

enkelte landes befolkningsstørrelser, fås landenes emissioner. Kvoten vælges således at de samlede emissioner for Vesteuropa falder med 20%.

Ved den anden beregning antages det at kvoten er relateret til BNP. Idet det igen antages at kvoterne er ens i landene, beregnes det enkelte lands emission ved at multiplicere kvoten med landets BNP. Kvoten vælges så den samlede reduktion for Vesteuropa er 20%.

Den tredje beregning er lig den anden, bortset fra at der i stedet for BNP benyttes BNP korrigeret for energisystemets fossile indhold. Hvis α er energisystemets fossile andel, benyttes BNP-begrebet, hvor BNP' er det korrigerede BNP:

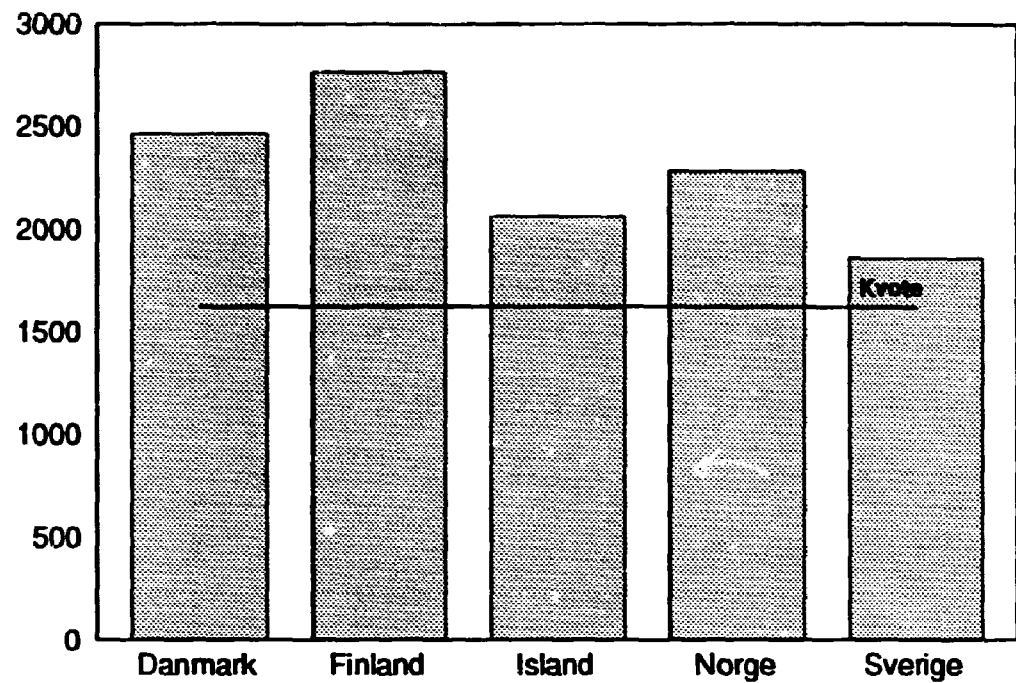
$$BNP' = \alpha BNP.$$

I Figur 6.5-6.7 ses de beregnede kvoter sammenlignet med de faktiske tal i 1989 (i følge Bohm & Larsen (1994)). I Tabel 6.1 ses de enkelte landes CO₂-reduktioner der givet de tre kvote-typer fører til 20% reduktion.

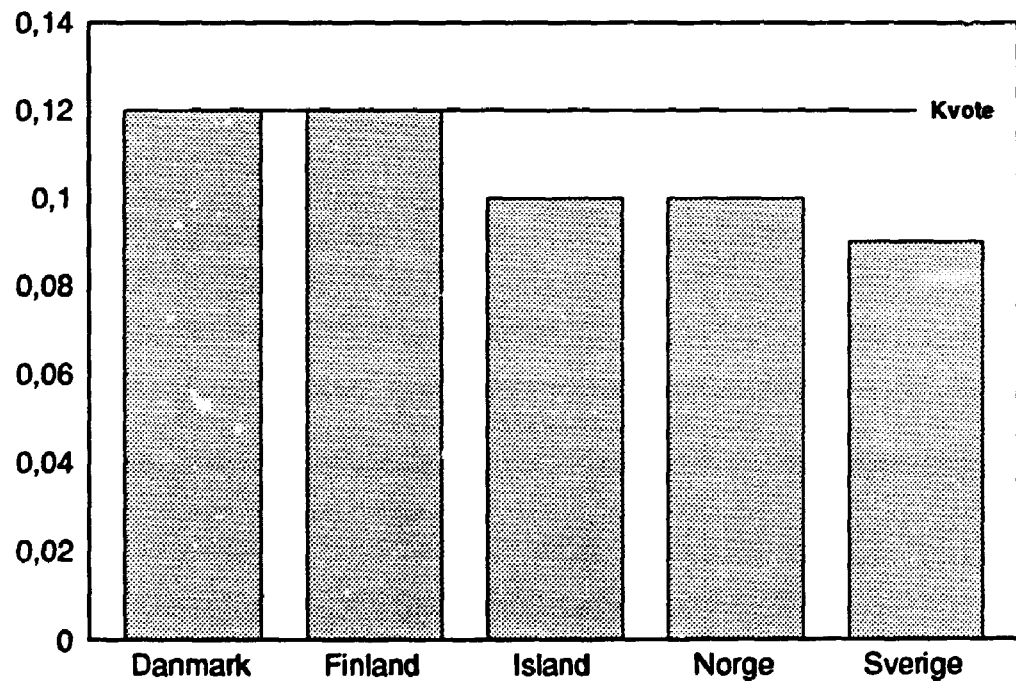
Tabel 6.1 Reduktionssatser for CO₂ ved en samlet reduktion i Vesteuropa på 20%, beregnet for henholdsvis kvoter pr. capita, BNP og justeret BNP.

Reduktions-satser	Befolkning	BNP	Justeret BNP
Norden			
Danmark	34%	4%	-21%
Finland	42%	4%	24%
Island	22%	-15%	37%
Norge	29%	-15%	60%
Sverige	13%	-28%	34%
Vesteuropa i øvrigt			
Schweiz	-7%	-131%	-61%
Luxembourg	76%	56%	44%
Tyskland	52%	36%	31%
Frankrig	4%	-28%	-3%
Østrig	9%	-15%	-3%
Belgien	37%	28%	28%
Holland	29%	18%	3%
Italien	8%	4%	-11%
England	39%	36%	28%
Spanien	-20%	18%	20%
Irland	28%	56%	44%
Grækenland	8%	65%	56%
Portugal	-61%	52%	44%
Tyrkiet	-185%	72%	69%
Vesteuropa i alt	20%	20%	20%

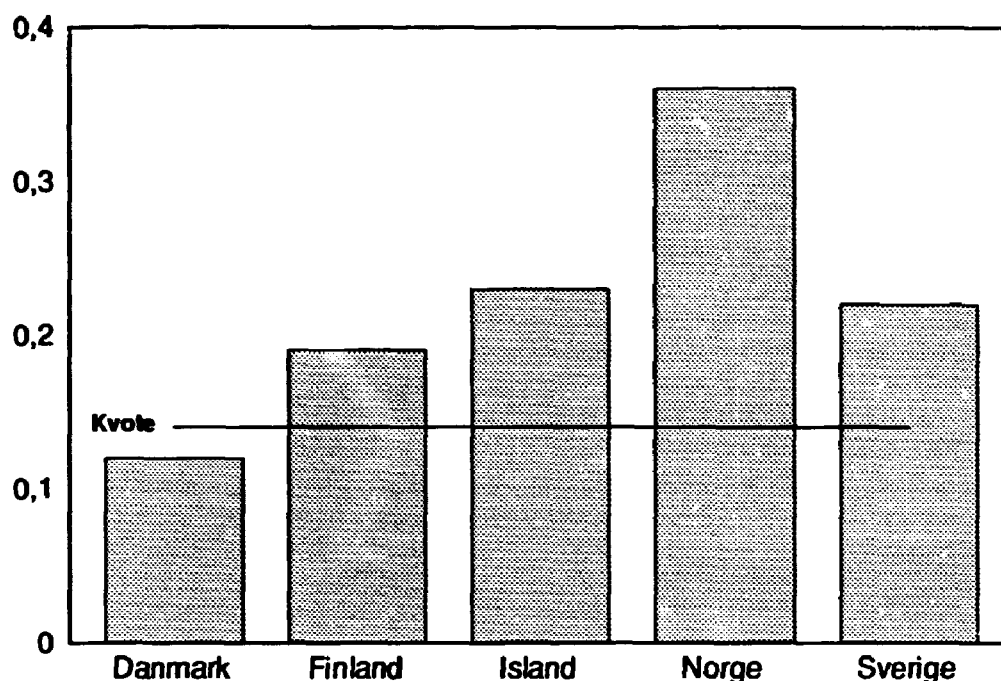
Anm.: Beregnet ud fra Bohm & Larsen (1994).



Figur 6.5 Den beregnede nødvendige kvote (ud fra befolknings størrelsen) for at opnå en 20% emissionsreduktion i Vesteuropa. Beregnet ud fra Bohm & Larsen (1994).



Figur 6.6 Den beregnede nødvendige kvote (ud fra BNP) for at opnå en 20% emissionsreduktion i Vesteuropa. Beregnet ud fra Bohm & Larsen (1994).



Figur 6.7 Den beregnede nødvendige kvote (ud fra justeret BNP) for at opnå en 20% emissionsreduktion i Vesteuropa. Beregnet ud fra Bohm & Larsen (1994).

Det ses i Figur 6.5 at de nordiske landes emissioner pr. capita er systematisk højere end den nødvendige kvote for en 20 procents vesteuropæisk reduktion. I Tabel 6.1 ses det at denne kvote ville føre til betydelige CO₂-reduktioner i Norden: Finland må reducere med 42%, Danmark med 34% og Norge med 29%. Island ligger tæt på gennemsnittet på 20% med sine 22%, mens Sverige ligger i den lave ende med kun 13%.

I Figur 6.6 ses de nordiske landes emissioner pr. BNP-enhed sammenlignet med den beregnede nødvendige CO₂/BNP-kvote for en 20 procents vesteuropæisk reduktion. De danske og finske reduktioner ligger på samme niveau som kvoten, mens resten af landene ligger under det nødvendige europæiske niveau. Som følge af dette skal Danmark og Finland kun udføre mindre reduktioner på 4%, mens Island, Norge og Sverige kan *forøge* emissionerne med h.h.v. 15%, 15% og 28%.

Afsluttende ses i Figur 6.7 Nordens situation ved en kvoteordning der er relateret til landenes ressourcegrundlag. Tingene bliver i nogen grad vendt på hovedet. Danmark emitterer som det eneste nordiske land mindre end den nødvendige kvote. Norges emissioner ligger langt over det nødvendige niveau. I følge Tabel 6.1 kan Danmark *forøge* sine emissioner med 21%. Finland må reducere tæt på gennemsnittet med sine 24%, mens Island og Sverige må reducere noget over gennemsnittet (h.h.v. 37% og 34%). Norge må udføre meget betydelige reduktioner på 60%.

Ovenstående tjener udelukkende et regneeksempel. Regneeksemplet belyser imidlertid udmærket de mere principielle interesser de nordiske lande kan have i forhold til forskellige kvote-typer. For Island, Norge og Sverige gælder, at en kvoteaftale relateret til BNP er at foretrække. Næst-

bedst er en kvoteaftale relateret til befolkningsstørrelse. Det dårligste alternativ er en kvoteaftale relateret til ressourcegrundlag. For Finland er rangordningen givet ved: BNP, ressourcegrundlag og befolkningsstørrelse. Endelig er rangordningen for Danmark givet ved: Ressourcegrundlag, BNP og befolkningsstørrelse.

7 Konklusion

En af klimakonventionens væsentligste målsætninger er en stabilisering af emissionerne af drivhusgasser. Denne målsætning er ikke tidsfæstet nøjere, men supplerende politiske hensigtserklæringer peger på at stabiliseringen skal bestræbes inden år 2000 (se Tabel 2.1). De foreliggende nordiske analyser tyder på at en overholdelse af denne tidsfrist vil være vanskelig set for Norden som helhed.

Årsagen til dette er forventningerne til en forøget vækst i Nordens CO₂-emissioner i de kommende årtier. Finland, Norge og Sverige vil inden for de næste 10 år opleve kapacitetsproblemer indenfor det eksisterende elsystem. Kapacitetsudvidelserne forventes hovedsageligt udvidet med teknologier der er baseret på fossile brændsler.

I Finland forventes en kraftig vækst i elefterspørgslen, og de relevante kapacitetsudvidelser til dækning af dette stigende behov, vurderes at være kernekraft eller kulkondens. Sker der derfor ikke en udvidelse i den finske kernekraft, vil resultatet være en betydelig stigning i den finske kulanvendelse.

I Norge forventes vandkraften at kunne dække elefterspørgslen frem til århundredeskiftet. Herefter vil det være rentabelt at udvide med naturgaskraft, idet en yderligere udvidelse af vandkraftkapaciteten efter århundredeskiftet vil afstedkomme betydelige stigninger i produktionsomkostningerne.

I Sverige forventes udfasningen i 2010 af kernekraft at indebære en betydelig indfasning af kulkondens. Udfasningen af kernekraft indebærer en betydelig omstrukturering af det svenske energisystem, og anvendelsen af kul vurderes til at stige 350-700% i perioden 1987-2015.

I Danmark forventes nogenlunde konstante CO₂-emissioner frem til 2030. Dette skyldes en relativ lav vækst i energiforbruget, og en svagt faldende tendens i CO₂-emissionen pr. energienhed.

Det kan ud fra de fire landes basisfremskrivninger vurderes at Nordens kulanvendelse vil stige med 2-300% frem til år 2015.

På grund af forskellige udviklinger i CO₂-emissionerne i Danmark, Finland, Norge og Sveriges basisforløb fås ligeledes forskellige miljøforløb. På langt sigt (30-40 år) forventes Danmark og Norge at kunne reducere emissionerne betydeligt, mens Finland og Sverige i de betragtede studier stabiliserer emissionerne i forhold til 1990-niveauet.

Måles reduktionerne imidlertid i forhold til basisforløbets emissioner fås et mere ensartet billede, idet reduktionerne ligger imellem 38% og 58% af

basisforløbets emissioner. Der er med andre ord enighed om, at omtrent en halvering af CO₂-emissionerne er teknisk og økonomisk mulig på langt sigt.

De langsigtede reduktionsstrategier i Danmark, Finland og Sverige har mange lighedspunkter. I alle tre lande er det som nævnt kulanvendelse i forsyningssektoren der på langt sigt har hovedansvaret for udviklingen i CO₂-emissionerne, og en stor del af landenes emissionsreduktioner skyldes derfor reduktioner i forsyningssektoren. I Danmark og Sverige kan 80-85% af de langsigtede reduktioner forklares ved reduktioner i forsyningssektoren, og det må forventes at noget lignende gælder for Finland. I alle tre lande satses på effektivisering af el- og varmeproduktionen gennem udvidet kraftvarmekapacitet, og på direkte emissionsreduktioner ved substitution fra kul til biomasse og i nogen grad naturgas. I Danmark og Sverige indpasses vindkraft i størrelsesordenen 7-15% af den samlede elproduktion. Dette gælder i nogen ringere grad i Finland.

Norge adskiller sig på langt sigt fra de andre lande i kraft af ringere reduktionsmuligheder i forsyningssektoren. Dette skyldes vandkraftens store omfang (selv efter indfasning af naturgas) og det begrænsede potentiale for kraftvarme. Den væsentligste reduktionsmulighed består i at substituere fra naturgas til vandkraft i elproduktionen. Forsyningssystemets reduktioners andel af de samlede langsigtede emissionsreduktioner udgør derfor kun ca. 45%.

På kort og mellemlangt sigt er reduktionsmulighederne i forsyningssystemet typisk mere begrænsede. Reduktioner må derfor i højere grad opnås ved tiltag på energimarkedets efterspørgselsside, således at energieffektiviseringer bliver nøgleordet. Finland, Norge og Sverige er lande med høj energiintensitet - dvs. lande hvor energi spiller en vigtig rolle i produktionsprocessen. Sandsynligvis som følge af dette tyder de betragtede makroøkonomiske analyser på at Finland, Norge og Sverige har et mindre reduceringspotentiale end Danmark, og at der samlede makroøkonomiske tab ved en given reduktion derfor er højere i disse tre lande. Især Finland og Norge skiller sig ud ved små CO₂-reduktioner relativt til økonomiens BNP-tab. Det skal i denne forbindelse pointeres at de benyttede modeller er så forskellige i deres teorigrundlag, at en sammenligning er vanskelig og konklusioner derfor må udføres med forsigtighed. Kun to af modellerne er umiddelbart sammenlignelige idet de begge er såkaldte CGE-modeller. Det er den danske (Frandsen m.fl. 1993) og den svenske (Bergman 1992) model. Netop disse to modeller beregnede de største CO₂-reduktionspotentialer relativt til BNP-tabet.

Makroøkonomiske modelanalyser kan udover at beregne det samlede samfundsøkonomiske BNP-tab også give et skøn over økonomiernes marginale omkostning givet reduktionsniveauet. Analyserne tyder på at de marginale omkostninger på mellemlangt sigt for Finland, Norge og Sverige ligger over gennemsnittet for OECD, mens de danske marginalomkostninger ligger under. Det er derfor væsentligt for Finland, Norge og Sverige at en mere specifik international drivhusgasaftale lægger vægt på omkostningseffektivitet. Det vil derfor gælde at en ensartet international CO₂-skat

og en tidlig introduktion af joint implementation er at foretrække for disse lande, frem for henstillinger om nationale stabiliseringer/reduktioner.

I forbindelse med joint implementation er der to skillelinjer som diskuteres på internationalt plan (som nævnt i kapitel 2):

- Skal joint implementation kunne foregå mellem Annex I lande, eller skal andre lande kunne inddrages?
- Skal joint implementation først kunne udføres, når landene har udfyldt stabilisering af deres emissioner?

Norge og Finland mener, at joint implementation skal tælle på samme niveau som en reduktion i et Annex I land, uden betingelse om indsats eller stabilisering i donorlandet. Sverige er uafklaret, mens Danmark går ind for forudgående stabilisering og forpligtigelser til reduktion i donorlandet parallelt med joint implementation.

Landenes holdninger stemmer godt overens med ovenstående vurdering af forskelle i marginale omkostninger landene imellem. Man vil normalt forvente at de marginale omkostninger er mindre på langt sigt end på kort/mellemlangt sigt. Dette gælder sandsynligvis i høj grad for Finland og Sverige, idet der på langt sigt er betydelige reduktionsmuligheder i de to landes forsyningssystemer. Joint implementation kan derfor på mellem-langt sigt vise sig som en fordel for disse lande, idet en egentlig reduktionsindsats kan udskydes. For Sverige skal det dog nævnes at en national stabiliseringsmålsætning kan have fordele på kort sigt, idet de hermed forbundne elbesparelser kan udskyde de betydelige investeringer udfasningen af kernekraft indebærer. Norges langsigtede marginale omkostninger falder sandsynligvis mindre end tilfældet er for de andre tre lande. Dette skyldes at forsyningssystemets reduktionsmuligheder på langt sigt er betydeligt mindre i Norge end i de andre lande. Omkostnings-effektivitet må derfor være en vigtigt princip for Norge på både kort og langt sigt. Danmarks marginale reduktionomkostninger er relativt lave både på kort og langt sigt. Danmarks ønske om at udskyde nationale reduktionstiltag vil derfor være mindre end for de andre lande.

Referencer

- Atkinson, S.E.; Tietenberg, T.H. (1991):** *Economic Implications of Emissions Trading Rules for Local and Regional Pollutants*. The Canadian Journal of Economics, 20, pp. 370-86.
- Bohm, P.; Larsen, B. (1994):** *Fairness in a Tradeable-Permit Treaty for Carbon Emissions Reduction in Europe and the Former Soviet Union*. Environmental and Resource Economics, 4 (3), pp. 219-240.
- CEC (1993):** *Annual Energy Review*. Energy in Europe, special issue, April.
- Det Økonomiske Råd (1993):** *Dansk Økonomi, maj 1993*. Det Økonomiske Råd, København.
- Energiministeriet (1990):** *Energi 2000. Handlingplan for en bæredygtig udvikling*. København.
- Energiministeriet (1993):** *Energi 2000 - opfølgningen. En ansvarlig og fremsynet energipolitik*. Energistyrelsen, København.
- Fenger, J., Fenhann, J. og Kilde, N. (1990):** *Danish Greenhouse Gases*. Nordisk Ministerråd, NORD 1990:97, København.
- Frandsen, S.E., Hansen, J.V. og Trier, P. (1993):** *GESMEC - en dokumentation af DØR's generelle ligevægtsmodel og CO₂ beregninger i Dansk økonomi, Maj 1993*. Det Økonomiske Råds Sekretariat, København.
- Frederiksen, O., Ljones, A., Otterstad, B., Ottesen, R. og Sandbakken, S. (1988):** *Estimering og realisering av enøkpotsialet i boliger og yrkesbygg*. Prosjektrapport fra ENERGIDATA til Olje- og Energidepartementet, Oslo.
- Global Environmental Facility - GEF (1992):** *Economic Costs of Carbon Dioxide Reduction Strategies*.
- Global Environmental Facility - GEF (1993):** *The Cost-Effectiveness of GEF Projects*. (Anderson, D. & Williams, R.H.), Working Paper No. 6. Washington.
- Grohnheit, P.E., Schleisner, L., Stephensen, P., og Sørensen, H. (1993):** *Elproduktion kontra elbesparelser*. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1993:528. Nordisk Ministerråd, København.
- Halsnæs, K. og Sørensen, L. (1993):** *Perspectives of regional Coordinated*

Energy and Environmental Planning. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1993:640, Nordisk Ministerråd, København.

Kaya, Y., Nakicenovic, N., Nordhaus, W.D., Toth, F.L. (1993): *Costs, Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigation.* IIASA.

Lehtilä, A. and Pirilä, P.(1993): *Analyzing the impacts of a carbon/energy tax on a national energy economy by using the EFOM model.* VVT, Finland.

Merkus, H. (1992): *The Framework Convention on Climate Change: Some Thoughts on Joint Implementation.* Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment, CCD/Paper 11, Bilthoven.

Ministry of the Environment (1993): *Greenhouse Gas Emissions in Norway. Inventories and Estimation Methods.* Oslo.

Ministry of Trade and Industry (1990): *Finnish Energy Economy up to 2025 - some development paths.* Series B:74. Helsinki.

Ministry of Trade and Industry (1991): *Greenhouse gas emissions related to energy production and consumption in Finland.* Research Reports D:197, Helsinki.

Morthorst, P.E. (1993): *The cost of CO₂ reduction in Denmark - methodology and results.* Risø-R-728(EN), Forskningscenter Risø, Roskilde.

Moum, K (red.)(1992): *Klima, Økonomi og Tiltak (KLØKT).* Statistisk Sentralbyrå 92/3. Oslo.

Mäenpää, I., Ellison, M.(1993): *Miljöskatterna och välbefinnande, Ekonomiska synpunkter.* Miljöministeriet, 1993. Skal offentliggøres. På finsk. Refereret i Pirilä og Tamminen (1993): "Kostnadseffektiva åtgärder för reducering av utsläpp av drivhusgaser. Kartläggning av finska resultat för den nordiska ad hoc gruppen för klimatstrategien". VVT.

Nordel (1990): *Årsberättelse 1990.*

Nordisk Ministerråd (1989): *Energi och miljö i Norden -på väg mot en bärkraftig utveckling?* NORD: 56. København.

Nordisk Ministerråd (1986-1994): *Yearbook of Nordic Statistics 1986-1994, Nordisk Statistisk årsbok.* Nordisk Ministerråd, NORD 1986:5, 1987:73, 1988:114, 1990:5, 1991:1, 1992:1, 1993:1, 1994:1, København.

Nordisk Ministerråd (1992): *Kostnadseffektive virkemidler for å redusere CO₂-utslippene.* Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1992:530. 1992.

Nordisk Ministerråds ad hoc gruppe for Klimastrategier på Energiområdet (1993): *Norden i Internasjonal Klimapolitikk: Sammenligning av Nordiske og Internasjonale Klimastrategier. Kostnader ved å oppnå Klimapolitiske mål i Norden.* Rapportering til Embetsmannskomi-

teen for Energi- og Næringspolitikk (Energi) under Nordisk Ministerråd.

OECD (1993): *Practical Guidelines for "Joint Implementation" under the UN Framework Convention on Climate Change.* Paris.

OECD (1993): *Operational Criteria for Joint Implementation.* International Conference on the Economics of Climate Change. OECD/GD(93)88, Paris.

Pedersen, P.D. og Fauske, H. (1988): *Enøtpotensialet i Industrien.* Prosjektrapport fra NORSK ENERGI til Olje- og Energidepartementet, Oslo.

Profu AB (1992): *Modellberäkningar för Sveriges energisystem med koldioxidbegränsningar.* Göteborg.

SIMEN (1989): *Studier av Industri, Miljø og Energi fram mot år 2000.* Statistisk Sentralbyrå, Oslo.

Statens Energiverk (1989): *Miljöanpassade energiscenarier. Sverige 2015.* Statens Energiverk 1989:4. Stockholm.

Statens Forurensningstilsyn (1990): *Klimagass - Regnskab for Norge.* Beskrivelse av utslippsmengder, drivhusstyrke og utslippsfaktorer. Oslo.

Statistisk Sentralbyrå, (1992): *Klima, Økonomi og Tiltak (KLØKT).* Statistisk Sentralbyrå 92/3. Oslo.

Statistisk Sentralbyrå (1993): *Økonomiske analyser.* Nr. 7, Oslo.

Sveriges Regering (1992/93): *Regeringens proposition 1992/93:179 om åtgärder mot klimatpåverkan m.m.*

Swedish Environmental Protection Agency (1991): *The Greenhouse Gases. Emissions and Counter measures in an international perspective.* Swedish Environmental Protection Agency, Report 4045, Solna.

Swedish Environmental Protection Agency (1992): *Strategies to prevent climate changes.* Swedish Environmental Protection Agency, Report 4186, Solna.

Tietenberg, Tom H. (1985): *Emissions Trading an Exercise in Reforming Pollution Policy.* Washington.

Unander, F. (1993): *CO₂ Emission Control in Norway. Results from IEAETSAP Annex IV.* Institutt for energiteknikk, Kjeller, Norway.

United Nations (1992): *United Nations Framework Convention on Climate Change.* New York.

- UNEP (1993):** *UNEP Greenhouse Gas Abatement Costing Studies, Phase Two Report.* UNEP Collaborating Centre, Risø National Laboratory, Roskilde.
- Vilhjansson, A. (1991):** *Energiskatter på Island. Reformen og planer om reformer på energibeskatning.* Nordisk Seminar om energiskatter, 12-13 nov. 1990. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1991:518, Nordisk Ministerråd, København.
- Wyckoff, A.W.; Roop, J.M. (1994):** *The embodiment of carbon in imports of manufactured products. Implications for international agreements on greenhouse gas emissions.* Energy Policy, 22 (3), p. 187-194.

Title and authors(s)

The Nordic Countries interests in principles for international greenhouse gas agreements (in Danish)

Kirsten Halsnæs, Henrik Meyer, Peter Stephensen, Lene Sørensen

ISBN			ISSN
87-550-2048-8			0106-2840
Dept. or group			Date
Systems Analysis Department			Januar 1995
Groups own reg. number(s)			Project/contract No.
ESG 03171.00			
Pages	Tables	Illustrations	References
107	29	28	45

Abstract (max. 2000 characters)

The focus of this report is the interests of the Nordic countries in international agreements on greenhouse gasses. The subject is approached mainly from an economic point of view.

Introductory, the climate convention are described, with special attention to obligations to emission reductions. Important discussion points are timing of the reductions as well as the question of meeting the reductions by cooperation with other countries through joint-implementation projects. The different attitudes of the Nordic countries to these issues are discussed.

In the following, the technical and economic possibilities for meeting the reduction objectives of each country are described. For this purpose, governmental plans and studies (on bottom-up as well as top-down studies) are brought into focus. A discussion of the differences and similarities of the methodology of the studies are carried out.

Finally, the report focuses on costs of reducing emissions in the Nordic countries. A comparison between the different nordic countries, as well as between the nordic countries and the other OECD countries is done. The analysis points out, that the Nordic countries are characterized by relatively high costs in general. Another conclusion is, that the costs of reduction after the year 2000/2005 are much lower than costs of reductions in the short run. An exception to this is Denmark. This points out, that some Nordic countries prefer emission reductions through joint-implementation projects in other countries, rather than reductions through restrictive agreements in the short run.

Descriptors INIS/EDB

AIR POLLUTION ABATEMENT; CARBON DIOXIDE; DENMARK; ECONOMICS; ENERGY SYSTEMS; FINLAND; GREENHOUSE GASSES; ICELAND; INTERNATIONAL AGREEMENTS; NORWAY; SWEDEN

Available on request from:
Risø Library, Risø National Laboratory
(Risø Bibliotek, Forskningscenter Risø)
P.O. Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark
Phone (+45) 46 77 46 77, ext. 4004/4005
Telex 43 116 · Telefax (+45) 46 75 56 27

Målsætning

Risø skal tilføre samfund og industri nye udviklingsmuligheder inden for de tre hovedområder:

- *Energiteknologi og -planlægning*
- *Miljøaspekter af energi-, industri- og planteproduktion*
- *Materialer og måleteknikker til industrielle formål*

Risø skal desuden rådgive myndighederne i nukleare spørgsmål.

Forskningsprofil

Risøs forskning er strategisk, dvs. at den er langsigtet og skaber viden på områder, hvor der er et samfundsmæssigt behov. Forskningen sker inden for 10 programområder:

- *Forbrænding og forgasning*
- *Vindenergi*
- *Fremtidig energiteknologi*
- *Energiplanlægning*
- *Miljøaspekter ved energi- og industriproduktion*
- *Miljøaspekter ved planteavl*
- *Nuklear sikkerhed og strålingsbeskyttelse*
- *Materialer med særlige fysiske og kemiske egenskaber*
- *Strukturelle materialer*
- *Optisk måleteknik og informationsbehandling*

Overførsel af viden

Risøs forskningsresultater overføres til industri og myndigheder gennem:

- *Samarbejde om forskning*
- *Samarbejde i F&U konsortier*
- *F&U-klubber og forskerudveksling*
- *Center for Avanceret Teknologi*
- *Patent- og licensvirksomhed*

Til den videnskabelige verden gennem:

- *Publikationsvirksomhed*
- *Netværkssamarbejde*
- *Ph.d.- og post doc.-uddannelse*

Risø-R-794(DA)
ISBN 87-550-2048-8
ISSN 0106-2840

Rekvireres fra
Risø Bibliotek
Forskningscenter Risø
 Postboks 49, 4000 Roskilde
 Telefon 46 77 46 77, lokal 4004/4005
 Telex 43116, Telefax 46 75 56 27

Nøgletal

Risø har over 900 ansatte, heraf mere end 300 forskere og 80 ph.d.- og post doc.-studerende. Risøs budget for 1995 er på 476 millioner kroner, hvoraf 45 procent er indtægter fra programforskning og kontraktvirksomhed, mens resten dækkes af finanslovsbevillingen.